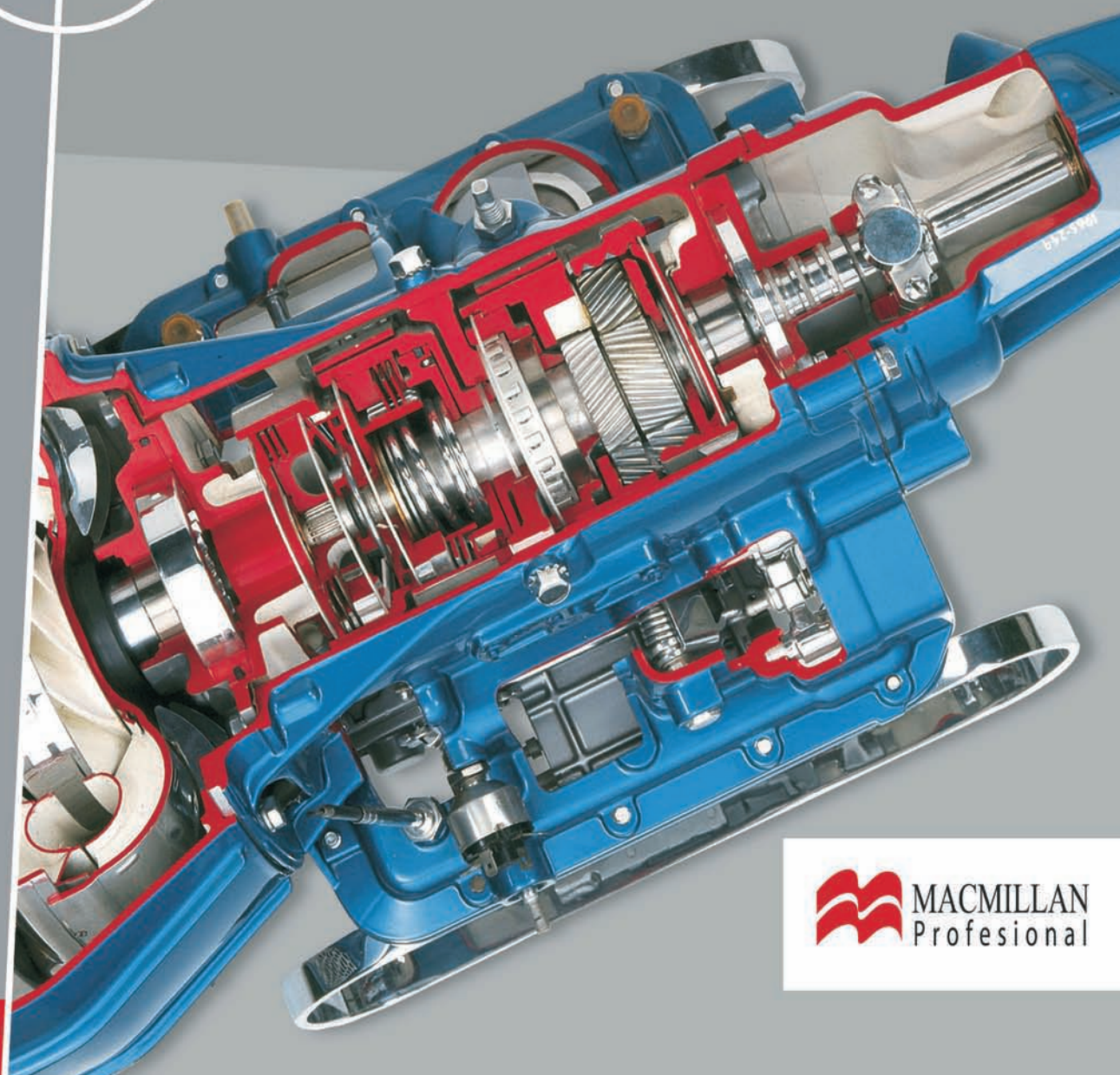
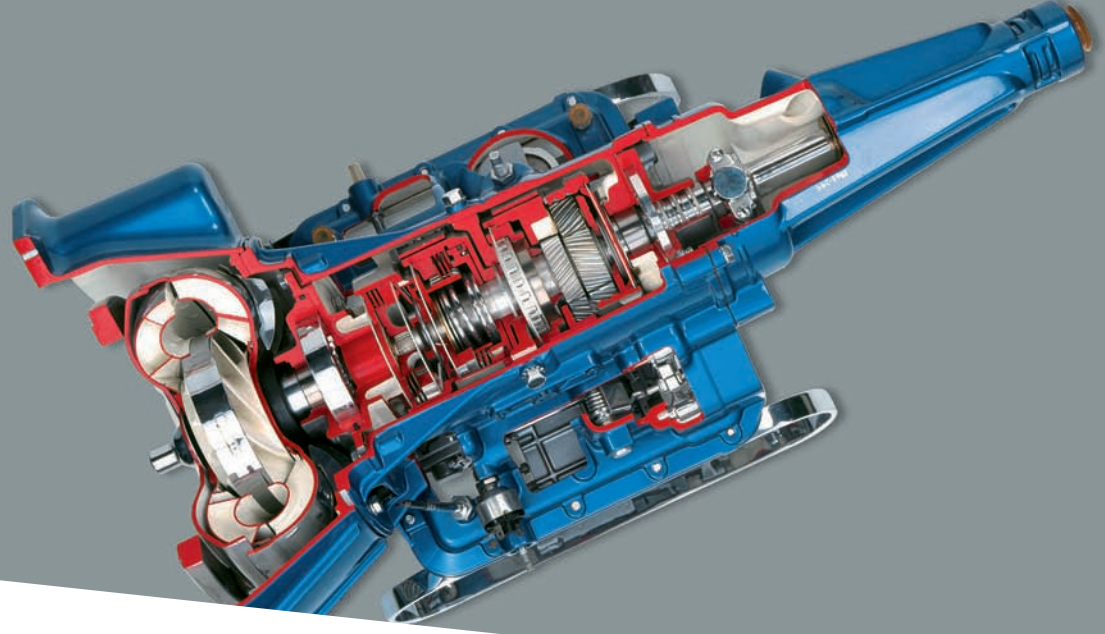
Sistemas de Transmisión y Frenado



MACMILLAN Profesional



>> MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOPROPULSADOS

> Grado Medio: Electromecánica de Vehículos

Sistemas de Transmisión y Frenado

MACMILLAN Profesional

Jaime Carlos Borja, Jaime Fenoll
y José Seco de Herrera

Unidad 1 - El embrague de fricción 10

1 >> Sistemas de embrague. El embrague de fricción 11

1.1 > Tipos de sistemas de embrague 11

1.2 > Sistema de embrague de fricción 11

2 >> Partes del sistema de embrague de fricción 12

2.1 > Disco de embrague 12

2.2 > Volante motor o de inercia 13

2.3 > Maza o plato de presión 13

2.4 > Collarín de empuje 13

3 >> Mandos de accionamiento del sistema de embrague 14

3.1 > Accionamiento por cable de acero 14

3.2 > Accionamiento hidráulico 14

4 >> Cálculos en los sistemas de mando 16

4.1 > Ley de la palanca 16

4.2 > Aumento de la presión hidráulica 17

5 >> Mantenimiento del sistema de embrague de fricción 18

5.1 > Averías del sistema de embrague de fricción 18

5.2 > Posibles defectos en los sistemas de embrague de fricción 19

5.3 > Comprobaciones del sistema de embrague 19

Unidad 2 - Otros tipos de embragues 24

1 >> El embrague centrífugo 25

1.1 > Funcionamiento del embrague centrífugo 25

1.2 > Otras disposiciones del embrague centrífugo 25

2 >> El embrague electromagnético 26

2.1 > Funcionamiento del embrague electromagnético 26

2.2 > Averías en el embrague electromagnético 27

3 >> El embrague hidráulico 28

3.1 > Funcionamiento del embrague hidráulico 28

3.2 > Torbellino tórico 29

3.3 > Combinación de un embrague hidráulico y un embrague de fricción 29

3.4 > El convertidor de par 30

4 >> El embrague multidisco bañado en aceite 32

4.1 > Inconvenientes de los embragues multidisco 32

4.2 > Embragues multidisco en el sistema de caja de cambios DSG 33

Unidad 3 - La caja de cambios manual 38

1 >> La caja de cambios manual 39

1.1 > Constitución de la caja de cambios manual 39

1.2 > Materiales de fabricación de la caja de cambios manual 40

1.3 > Tipos de cajas de cambios 40

2 >> Funcionamiento de una caja de cambios manual 41

2.1 > Principio de funcionamiento de un sincronizador 41

2.2 > Mandos de accionamiento de la caja de cambios 42

3 >> La cadena cinemática de la transmisión de movimiento 43
4 >> La lubricación de la caja de cambios 44
4.1 > El aceite lubricante 45
5 >> Dispositivos integrados en la caja de cambios 46
5.1 > Sensores de velocidad del vehículo 46
5.2 > Interruptor de marcha atrás 46
6 >> Cálculo de las relaciones de transmisión 47
6.1 > Relación de transmisión en cajas de cambios sin diferencial 48
6.2 > Relación de transmisión en cajas de cambios simplificadas 49

Unidad 4 - Mantenimiento de la caja de cambios manual 54
1 >> Averías más frecuentes en la caja de cambios manual 55
2 >> Comprobaciones en la caja de cambios manual 57
2.1 > Comprobación del estado de la carcasa de la caja de cambios 57
2.2 > Comprobación del alojamiento de la caja de cambios 57
2.3 > Comprobación de la holgura de los cojinetes de apoyo de los árboles 57
2.4 > Comprobación visual del estado de los dientes del piñón 57
2.5 > Comprobación de la medida de las muñequillas del árbol secundario 58
2.6 > Comprobación del descentrado máximo del árbol secundario 58
2.7 > Comprobación del estado de las horquillas de accionamiento 59
2.8 > Comprobación de la holgura de montaje entre árbol y piñón 59
2.9 > Comprobación de deformaciones en la varillas de mando 59

Unidad 5 - Cajas de cambios semiautomáticas 64
1 >> Cajas de cambios de transmisión variable continua (CVT) 65
1.1 > Composición del sistema CVT 65
1.2 > Funcionamiento de la caja de cambios CVT 66
1.3 > Características de las cajas de cambios CVT 66
2 >> Cajas de cambios robotizadas 67
2.1 > Sistema Selespeed 67
2.2 > Sistema de accionamiento totalmente eléctrico 69
3 >> Cajas de cambios semiautomáticas DSG 70
3.1 > Funcionamiento de la caja de cambios DSG 70
3.2 > Conjunto de árboles de la caja de cambios DSG 72
3.3 > El circuito hidráulico del sistema DSG 72
4 >> Averías más frecuentes en las cajas de cambios semiautomáticas 74
4.1 > Averías en las cajas de cambios CVT 74
4.2 > Averías en las cajas de cambios robotizadas de tipo Selespeed 74
4.3 > Averías en las cajas de cambios robotizadas con accionamiento completamente eléctrico 75
4.4 > Averías en las cajas de cambios de tipo DSG 75

Unidad 6 - Cajas de cambios automáticas 80

1 >> Introducción a las cajas de cambios automáticas 81

1.1 > Composición de una caja de cambios automática 81

2 >> Tren epicicloidal 82

2.1 > Descripción del engranaje de tipo epicicloidal 82

2.2 > Cálculo de la relación de transmisión 83

3 >> Los elementos de frenado 86

3.1 > Cinta de freno 86

3.2 > Freno de disco 86

3.3 > Embrague 86

3.4 > Rueda libre de bloqueo 87

4 >> Los trenes de engranajes epicicloidales 88

4.1 > Disposición de tipo Simpson 88

4.2 > Disposición de tipo Ravigneaux 89

5 >> El circuito hidráulico 90

5.1 > Bomba hidráulica 90

5.2 > Distribuidor hidráulico del cambio automático 91

5.3 > Las presiones en el sistema hidráulico 91

5.4 > Elementos hidráulicos del cambio 92

5.5 > El esquema hidráulico de presiones 95

6 >> Cajas de cambios automáticas con gestión electrónica 96

6.1 > Los sensores 96

6.2 > Los actuadores 97

6.3 > Componentes del sistema de diagnosis de la caja de cambios automática 97

7 >> Transmisión en vehículos híbridos 98

7.1 > Lubricación de la transmisión del conjunto híbrido 98

7.2 > Refrigeración del conjunto híbrido 99

7.3 > Ciclos de funcionamiento de un vehículo híbrido 99

7.4 > Engranaje epicicloidal o planetario 99

Unidad 7 - Mantenimiento de las cajas de cambios automáticas 104

1 >> Comprobaciones en las cajas de cambios automáticas 105

1.1 > Prueba en carretera o dinámica 105

1.2 > Comprobación con la palanca de cambios en posición «1» 105

1.3 > Comprobación del fluido del sistema hidráulico 106

1.4 > Comprobación de la presión de mando 108

2 >> Averías en las cajas de cambios automáticas 109

2.1 > Recalentamiento de la caja de cambios 109

2.2 > Dificultad para el rellenado del sistema hidráulico 109

2.3 > Acoplamiento duro desde la posición «N» (neutral) a «D» (directa) 110

2.4 > Cambio ascendente de velocidades incontrolable 110

2.5 > No se realiza la inserción ascendente de las velocidades 111

2.6 > No se realiza la inserción descendente de las velocidades 111

2.7 > Cambios irregulares de las diferentes velocidades 111

2.8 > No hay transmisión en las posiciones de marcha hacia delante 112
2.9 > El vehículo avanza estando en posición «N» (neutral) 112
2.10 > Existe ruido en la caja de cambios automática 112
3 >> Averías en el sistema de transmisión de un vehículo híbrido 113
3.1 > Bloqueo del vehículo 113
3.2 > Ruidos procedentes de la transmisión 113
3.3 > El vehículo permanece inmóvil 113

Unidad 8 - El diferencial 118
1 >> El sistema diferencial 119
1.1 > Constitución del diferencial convencional 119
1.2 > Funcionamiento del diferencial convencional 120
1.3 > Reglajes de los diferenciales convencionales 120
2 >> Diferenciales blocantes 122
2.1 > Diferencial de bloqueo manual 122
2.2 > Diferencial autoblocante 122
2.3 > Diferencial autoblocante por conos de fricción 123
2.4 > Diferencial de tipo track-lock 124
2.5 > Diferencial tipo Ferguson 124
2.6 > Diferencial tipo Torsen 125
3 >> La caja reductora-transferencia 126
3.1 > Constitución de la caja reductora-transferencia 126
3.2 > Funcionamiento de la caja reductora-transferencia 127
3.3 > Mantenimiento de la caja reductora-transferencia 127

Unidad 9 - Elementos de transmisión del vehículo 132
1 >> Sistemas de transmisión en el vehículo 133
1.1 > Importancia de los neumáticos en la tracción del vehículo 133
1.2 > Tipos de tracción en el vehículo 134
2 >> Juntas universales de los sistemas de transmisión 137
2.1 > Junta cardán 137
2.2 > Junta Hooke 137
2.3 > Junta trípode 137
2.4 > Junta homocinética o Rzeppa 138
3 >> Transmisión Haldex 140
3.1 > Constitución de la transmisión Haldex 140
3.2 > Funcionamiento básico de la transmisión Haldex 141
4 >> Rodamientos de las ruedas 142
4.1 > Durabilidad de los rodamientos 142
5 >> Averías más frecuentes 145
5.1 > Árboles y semiárboles de transmisión 145
5.2 > Palieres de transmisión 145
5.3 > Rodamientos 145

Unidad 10 - Transmisión en vehículos agrícolas y de obras públicas 150

1 >> Cajas de cambios manuales en vehículos agrícolas y de obras públicas 151
1.1 > Relaciones de cambio 151
2 >> Caja de cambios de tipo Powershift 152
2.1 > Composición del sistema Powershift 152
2.2 > Funcionamiento del sistema Powershift 153
2.3 > Control automático del sistema Powershift 153
2.4 > Control del cambio Powershift 154
3 >> Otro tipo de transmisiones 155
3.1 > Sistemas hidráulicos 155
3.2 > Sistemas hidrostáticos 155
4 >> La transmisión hidrostática 156
4.1 > Ventajas de la transmisión hidrostática 156
4.2 > Funcionamiento del sistema hidrostático 157
5 >> Componentes de la transmisión hidrostática 158
5.1 > Constitución de la bomba 158
5.2 > Motor hidrostático 160
5.3 > Aceites para los sistemas hidráulico e hidrostático 160
6 >> Útiles y equipos de comprobación de las transmisiones hidráulicas 162
6.1 > Verificación de las lecturas 162
6.2 > Medidores de presión hidráulica de desconexión rápida 162
6.3 > Probadores hidráulicos de presión y flujo 163

Unidad 11 - Los frenos en el vehículo 168

1 >> Los frenos del vehículo 169
1.1 > Reparto de la frenada por ejes 169
1.2 > Parámetros importantes durante el frenado 169
2 >> Distancia de frenado de un vehículo 170
2.1 > Datos que influyen en la distancia de frenado 170
2.2 > Cálculo de la deceleración en la frenada 171
2.3 > Cálculo de la distancia de frenado 171
2.4 > Cálculo del tiempo de frenado 171
3 >> Freno de disco 172
3.1 > Funcionamiento de los frenos de disco 172
3.2 > Composición de los frenos de disco 172
4 >> Freno de tambor 175
4.1 > Composición de los frenos de tambor 175
4.2 > La acción de frenado en los frenos de tambor 176
4.3 > Bombín de freno 176
4.4 > Sistemas de reglaje de los frenos de tambor 177
5 >> Freno de estacionamiento 178
5.1 > Accionamiento del freno de estacionamiento 178
5.2 > Disposición del freno de estacionamiento sobrelos frenos de disco 179
5.3 > Freno de estacionamiento eléctrico mediante polea reductora 180

6 >> Sistema hidráulico de freno 182
6.1 > Líquido de frenos 182
6.2 > Canalizaciones del sistema de freno 182
6.3 > Racores en el sistema de freno 183
6.4 > Circuitos independientes de frenado 183
7 >> Bomba de freno 184
7.1 > Funcionamiento de la bomba de freno 184
7.2 > Bomba de freno de doble cuerpo tipo tándem 185
8 >> Frenos en las motocicletas 186
8.1 > Frenos de tambor en las motocicletas 186
8.2 > Frenos de disco en las motocicletas 186
8.3 > Accionamiento de los frenos en las motocicletas 187
8.4 > Mantenimiento de los frenos hidráulicos de las motocicletas 187

Unidad 12 - Sistemas auxiliares del freno. Averías 192
1 >> Los correctores de frenado 193
1.1 > El peso sobre los ejes 193
1.2 > Compensador fijo 193
1.3 > Compensador integrado en los bombines del freno 194
1.4 > Compensador en función de la deceleración del vehículo 194
1.5 > Compensador en función de la carga del vehículo 195
2 >> Sistemas de ayuda a la frenada 196
2.1 > Origen de la presión y la depresión de trabajo 196
2.2 > Bomba de vacío 196
2.3 > Funcionamiento del servofreno 197
2.4 > Tipos de servofrenos 198
2.5 > Averías más usuales en los servofrenos 198
2.6 > Sistema de ayuda a la frenada de emergencia 199
3 >> Diagnóstico de averías en los sistemas de frenado 200
3.1 > Frenado desigual 200
3.2 > Ruidos extraños al realizar la frenada 200
3.3 > No existe tacto en el pedal de freno 200
3.4 > Endurecimiento del pedal de freno 200
3.5 > Vibraciones en el volante al realizar la frenada 201
3.6 > Baja eficacia de los frenos 201
3.7 > Bloqueo de los frenos 201
3.8 > Pedal con demasiado recorrido de accionamiento 201
4 >> El frenómetro 202
4.1 > Principio de funcionamiento de un frenómetro 202
4.3 > Factores determinantes en la eficacia del sistema de frenado 203
4.2 > Resultados del frenómetro 203

Unidad 13 - Sistemas neumáticos de freno 208

1 >> Los sistemas neumáticos de freno 209

1.1 > Características de los sistemas neumáticos 209

1.2 > Parámetros significativos 210

2 >> Funcionamiento básico de un sistema neumático de freno 211

3 >> Constitución del sistema neumático de freno 212

3.1 > Compresor de aire 212

3.2 > Deshidratador 212

3.3 > Depósito de aire o acumulador de presión 213

3.4 > Regulador de presión 213

3.5 > Bomba anticongelante 213

3.6 > Decantador de aire 213

3.7 > Válvulas neumáticas 214

3.8 > Cilindros de freno 215

3.9 > Elementos de frenado 215

4 >> Frenos de remolque 216

4.1 > Sistema mecánico de frenado en remolques 216

4.2 > Sistema neumático de frenado en remolques 216

5 >> Ralentizadores 217

5.1 > Ralentizador de escape 217

5.2 > Ralentizador eléctrico 218

5.3 > Ralentizador hidráulico 219

5.4 > Verificaciones en los ralentizadores 221

6 >> Averías y comprobaciones en el sistema neumático de freno 222

6.1 > Averías y comprobaciones mecánicas 222

6.2 > Averías y comprobaciones neumáticas 223

6.3 > Métodos de comprobación de las temperaturas de los elementos de frenado 225

Unidad 14 - Sistemas de seguridad ABS, TRC y ESP 230

1 >> El sistema antibloqueo de frenos (ABS) 231

2 >> Constitución del sistema ABS 232

2.1 > Unidad de mando electrónica 232

2.2 > Sensor de rueda 233

2.3 > Sistema hidráulico 233

3 >> Funcionamiento del sistema ABS 234

3.1 > Primera fase: sin acción de frenada 234

3.2 > Segunda fase: frenada sin bloqueo de ruedas 234

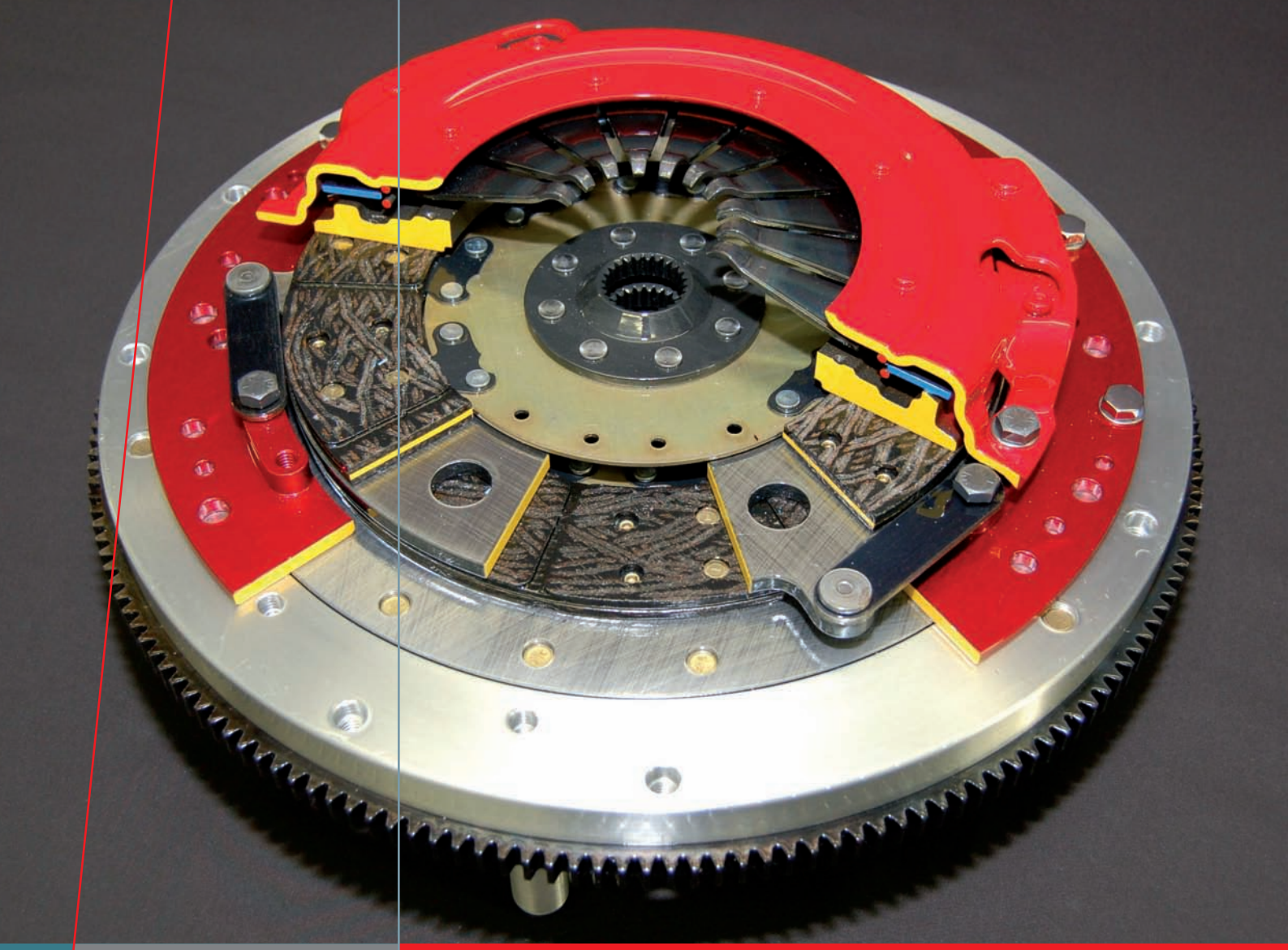
3.3 > Tercera fase: bloqueo de ruedas

3.4 > Cuarta fase: degradación de la presión 235

4 >> Sistema de control de tracción (TRC) 237
4.1 > Funcionamiento del sistema TRC 237
4.2 > Características funcionales del sistema TRC 237
5 >> Sistema de control de estabilidad (ESP) 238
5.1 > Principio de funcionamiento del sistema ESP 238
5.2 > Constitución del sistema ESP 239
5.3 > Funcionamiento del sistema ESP 239
5.4 > Sensores del sistema ESP 240
6 >> Mantenimiento del sistema ABS 242
6.1 > Herramientas para el diagnóstico de averías eléctricas 242
7 >> Frenos antibloqueo en frenos neumáticos 243
7.1 > Elementos que componen el sistema neumático 243

Unidad 15 - Transmisión y frenado en vehículos de competición 248
1 >> Frenos cerámicos 249
1.1 > La historia de los frenos cerámicos 249
1.2 > Ventajas de los frenos cerámicos 249
1.3 > Temperatura de trabajo de los frenos cerámicos 250
1.4 > Proceso de fabricación de un disco de freno cerámico 250
1.5 > Las pastillas de freno 251
1.6 > Las pinzas de freno 251
2 >> Frenos de carbono 252
2.1 > Temperatura de trabajo de los frenos de carbono 252
2.2 > Inconvenientes de los frenos de carbono 252
3 >> Características adicionales de los frenos 253
3.1 > Discos perforados 253
3.2 > Discos biselados 253
3.3 > Difusores 253
4 >> Rodamientos cerámicos en vehículos de competición 254
4.1 > Ventajas de los rodamientos cerámicos 254
4.2 > Proceso de fabricación de los rodamientos cerámicos 254
5 >> Neumáticos utilizados en competición 255
5.1 > Tipos de neumáticos para competición 255
5.2 > Compuestos utilizados en los neumáticos 255
6 >> Cajas de cambios de accionamiento manual en vehículos de competición 256
6.1 > El estudio del circuito para configurar las relaciones de transmisión 256
7 >> Los encargados de las carreras 257
7.1 > El comisario técnico 257
7.2 > Otras figuras presentes en una carrera 257

Apéndice: nuevos sistemas de seguridad activa sobre el vehículo 262



unidad 1

El embrague de fricción

SUMARIO

- Misión del sistema de embrague de fricción
- Componentes del sistema de embrague de fricción
- Mantenimiento del sistema de embrague de fricción

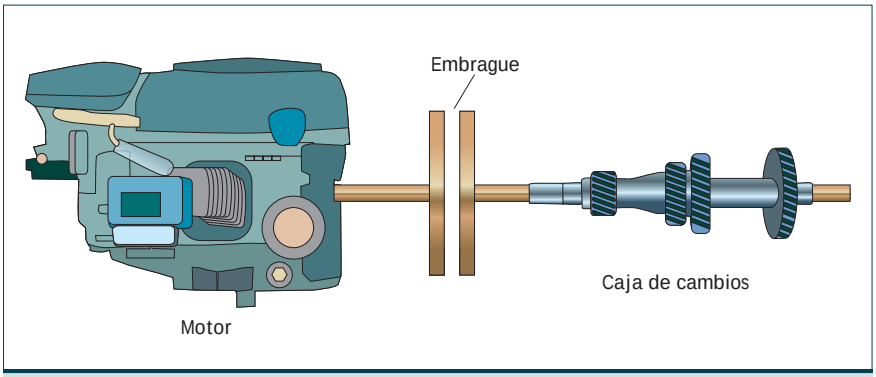
OBJETIVOS

- Conocer los componentes de un sistema de embrague de fricción.
- Detectar las averías y los defectos más comunes de los sistemas de embrague de fricción.

1 >> Sistemas de embrague. El embrague de fricción

Los sistemas de embrague son los encargados de interrumpir la transmisión del movimiento del motor de combustión hacia la caja de cambios y hacia el resto de sistemas de transmisión del vehículo.

El motor de combustión debe estar continuamente en movimiento, sin embargo en situaciones como el cambio de marchas o la parada en ralentí del vehículo es necesario interrumpir la transmisión de este movimiento hacia el resto de los sistemas del vehículo. Esta es la finalidad de los sistemas de embrague (figura 1.1).



1.1 Situación del embrague en el sistema de transmisión.

1.2 Embrague de fricción instalado en un motor.

1.1 > Tipos de sistemas de embrague

Los principales sistemas de embrague son los siguientes:

- **Embrague de fricción:** transmite el movimiento del motor a través de un disco de fricción movible que acciona el conductor del vehículo voluntariamente mediante un sistema de mando (figura 1.2).
- **Embrague centrífugo:** se acciona sin ayuda del conductor, mediante la fuerza centrífuga que crea el giro del motor.
- **Embrague electromagnético:** utiliza partículas metálicas que, al activarse un campo electromagnético, transmiten el movimiento del motor.
- **Embrague hidráulico:** el elemento de transmisión del movimiento es un fluido que circula por un sistema de turbinas.
- **Embrague multidisco:** es un embrague de fricción con varios discos que se utilizan para disminuir su diámetro.

Por su importancia, en esta unidad se abarca únicamente el estudio de los sistemas de embrague de fricción, dejando el resto para la próxima unidad didáctica.

1.2 > Sistema de embrague de fricción

El sistema de embrague de fricción es el más utilizado. Su funcionamiento se basa en el desplazamiento de un disco que fricciona contra el volante para transmitir el movimiento del motor al resto del sistema de transmisión del vehículo. Cuando el conductor acciona el pedal de embrague, el disco se separa del volante y deja de transmitir el movimiento del motor.

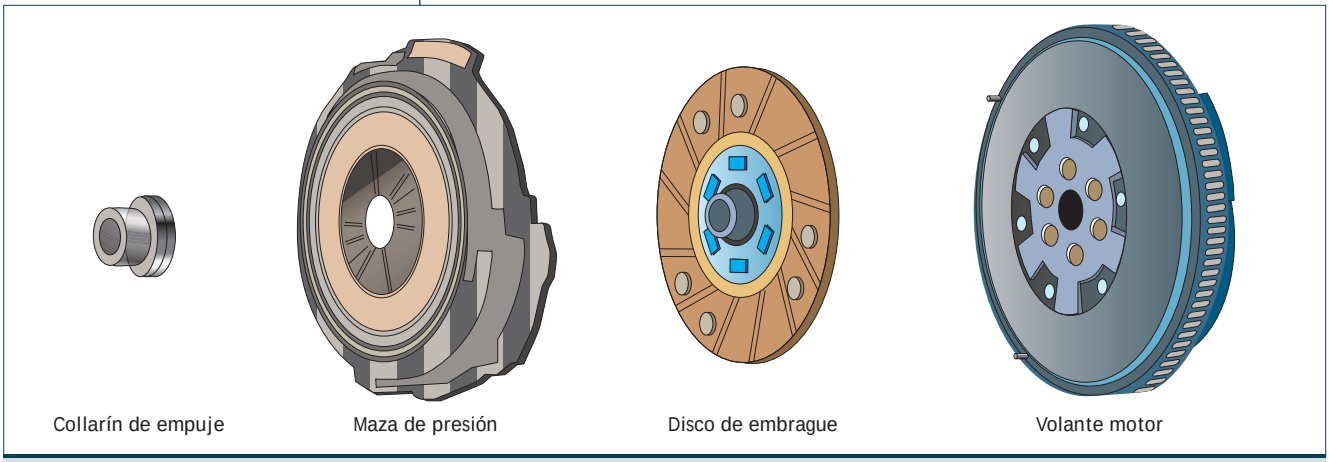
Dimensión del sistema de embrague de fricción

La dimensión de los sistemas de embrague de fricción debe estar adaptada a las características del vehículo, como el peso, la potencia o el par motor.

Por ejemplo, el embrague de un vehículo de mucha potencia necesitará mayor superficie de fricción que el de uno de baja potencia, para poder transmitir correctamente toda esa potencia del motor.

2 >> Partes del sistema de embrague de fricción

Un sistema de embrague de fricción está compuesto por el disco de embrague, el volante motor, la maza de presión y el collarín de empuje (figura 1.3).



1.3 Partes de un sistema de embrague de fricción.

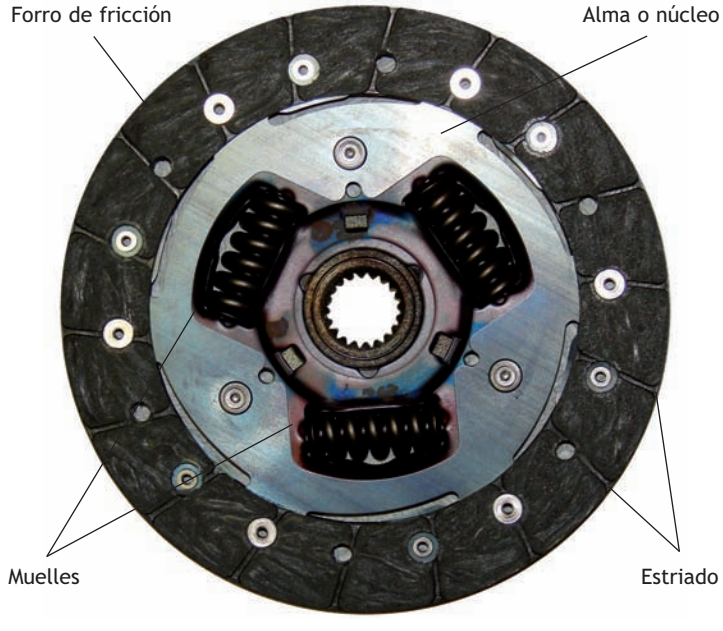
Coeficiente de fricción

Es una medida adimensional que sirve para medir la oposición al rozamiento de los materiales. En los discos de embrague puede variar de 0,4 a 0,6.

2.1 > Disco de embrague

El disco de embrague es el elemento de fricción del sistema, es decir, es el que transmite el par y potencia del motor a la caja de cambios y al sistema de transmisión. Tiene, por tanto, un alto coeficiente de rozamiento.

El disco de embrague tiene geometría circular y está dividido en las siguientes partes (figura 1.4):



1.4 Partes del disco de embrague.

- **Forros de fricción:** son los elementos de fricción del disco de embrague. Son dos: uno está en contacto con el volante de inercia del motor y el otro con la maza de presión.
- **Alma o núcleo:** proporciona rigidez mecánica al disco de embrague.
- **Muelles:** absorben las vibraciones producidas durante el desembrague y el embrague del sistema. Normalmente se utilizan en sistemas que no poseen volante de doble masa.
- **Estriado:** evacúa las partículas producidas por la fricción de los forros, evitando así embostes y sobrecalentamientos.

Entre los forros de fricción y el alma o núcleo de acero existen unas placas ladeadas que tienen como objeto la absorción o la realización de los acoples del disco contra el volante de forma suave y progresiva.

2.2 > Volante motor o de inercia

El volante motor o de inercia tiene como misión eliminar desequilibrios para un mejor funcionamiento del motor (figura 1.5).

En este elemento fricciona el forro del disco de embrague, por lo tanto, se considera parte del sistema de embrague a pesar de pertenecer al motor.

En los vehículos actuales se utilizan los llamados **volantes de motor bimasa o de doble masa** y su montaje aporta las siguientes ventajas:

- Menor transmisión de vibraciones al vehículo en aceleraciones bruscas.
- Mejor acople del disco de embrague.

El funcionamiento del volante de doble masa se basa en el movimiento de entre 5° a 10° del alma 2, ya que el alma 1 es fija y no admite movimiento alguno. Posee unos muelles tarados para evitar un ángulo mayor a 10°, que sería excesivo. Todo el conjunto va bañado internamente con grasa para evitar desgastes y ruidos internos de funcionamiento.

1.5 Volante motor.

2.3 > Maza o plato de presión

La maza o plato de presión presiona el disco de embrague contra el volante motor para transmitir el movimiento del motor a la caja de cambios.

Existen dos tipos de maza de embrague:

- **Por muelles:** está compuesta por entre 6 y 8 muelles de presión y 3 palancas de accionamiento situadas a 120° entre sí que actúan sobre el collarín o cojinete de empuje (figura 1.6). En la actualidad no se utiliza.
- **Por diafragma:** es un disco de acero en forma de cono con un resorte elástico, que ejerce presión sobre la maza (figura 1.7). Tiene las siguientes ventajas respecto a las mazas de muelles:
  - La presión se ejerce de forma más uniforme en toda la superficie de la maza sobre el disco.
  - El accionamiento es más suave y progresivo.

1.6 Maza por muelles.

1.7 Maza por diafragma.

2.4 > Collarín de empuje

El collarín de empuje es un rodamiento que acciona la maza de presión para lograr el acople y desacople del disco de embrague (figura 1.8).

P Práctica 1

Funcionamiento del collarín

El collarín de empuje se pone en funcionamiento cuando la horquilla de mando es activada por los mandos de accionamiento del sistema. Este accionamiento puede ser mecánico por cable o hidráulico.

1.8 Collarín de empuje con la horquilla de accionamiento.

3 >> Mandos de accionamiento del sistema de embrague

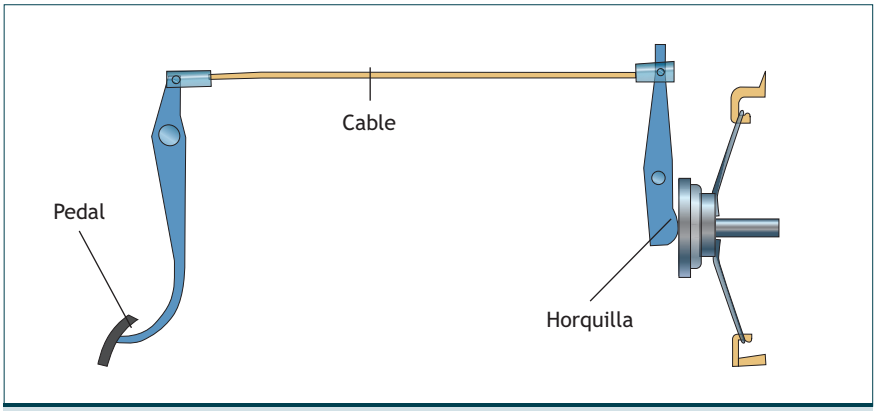
Los mandos de accionamiento de un embrague de fricción son los elementos del pedal de embrague situados en el habitáculo hasta la horquilla de mando del embrague.

Estos mandos pueden ser de accionamiento mecánico por cable de acero o hidráulico.

3.1 > Accionamiento por cable de acero

Este sistema de accionamiento está formado por un cable de acero protegido dentro de una funda plástica (figura 1.9).

Este sistema de mando tiene como mayor inconveniente el destensado del cable, que se produce con el desgaste que sufre el disco de embrague por el funcionamiento normal del sistema. Por este motivo, en los vehículos actuales se montan **sistemas automáticos de tensado** de este cable. Su funcionamiento se basa en el anclaje del trinquete en un sector dentado con un funcionamiento similar al de una carraca de apriete: conforme el cable se va destensando, va quedando más suelto, hasta que llega un momento en el que el trinquete salta el diente donde se halla en el sector dentado y pasa al siguiente, realizando así el tensado del cable de mando.



1.9 Sistema de accionamiento por cable de acero.

3.2 > Accionamiento hidráulico

Es el otro tipo de mando de accionamiento utilizado en los sistemas de embrague. Ofrecen un buen tacto de pedal y, por tanto, hace que aumente la fiabilidad del sistema. Puede disponer de un depósito de líquido independiente o compartirlo con el depósito de líquido de frenos mediante una tubería flexible.

Este tipo de sistemas de mando tiene las siguientes ventajas con respecto al accionado por cable:

- No necesita un sistema de regulación.
- Tiene un mayor grado de fiabilidad.

Desembragar y embragar

Es la acción de desacoplar y acoplar el disco de fricción y el volante motor, respectivamente. En vehículos con cambio manual, el conductor embraga o desembraga de forma voluntaria al pisar el pedal del embrague. En cambio, en vehículos de cambio automático, el conductor no interviene.

P Práctica 2

Técnica

Montaje y desmontaje del sistema de embrague

•• Es muy importante realizar un proceso de desmontaje ordenado para facilitar la tarea posterior del montaje. Asimismo debemos ordenar los tornillos extraídos por familias.

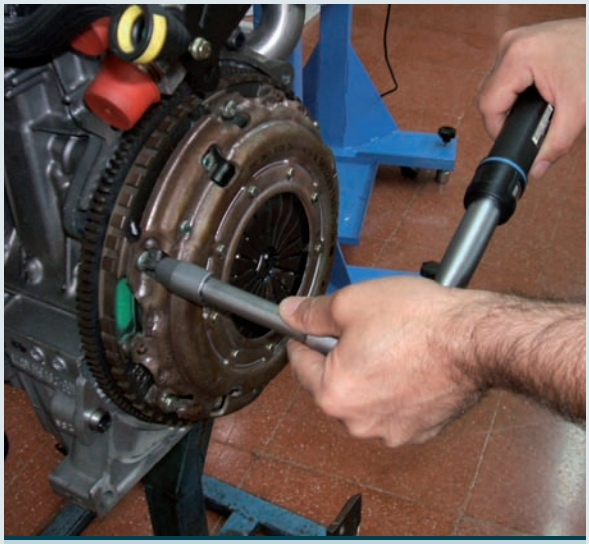
El proceso de desmontaje será el siguiente:

1. Desenbornamos los bornes de la batería, vaciamos la valvulina de la caja de cambios por el tornillo dispuesto en la misma, desmontamos los palieres o transmisiones delanteras y quitamos todos los conectores eléctricos que se encuentren en la caja de cambios.
2. Desmontamos el sistema de mando, bien sea por cable o hidráulico. Debemos extremar las precauciones en este proceso. Si es hidráulico no hay que desmontar ninguna canalización, ya que perderíamos el líquido y habría que purgar el circuito; simplemente se extrae todo el sistema y se deja aparte.
3. Quitamos los tornillos del envolvente de la campana de la caja de cambios para extraerla.
4. Desmontamos el sistema de embrague de fricción extrayendo los tornillos de sujeción de la maza de presión (entre 6 y 8), y sacamos todo el embrague, incluido el disco de embrague.

El proceso de montaje seguirá el orden inverso al desmontaje teniendo en cuenta lo siguiente:

- Es aconsejable lijar muy suavemente con lijas de grano muy fino la cara donde fricciona el disco de embrague. Seguidamente se limpiará con algún producto limpiador, como alcohol o disolvente rebajados.
- Utilizaremos el centrador para centrar el estriado del disco de embrague, facilitando la entrada del estriado del primario de la caja de cambios (figura 1.10). Es aconsejable colocar un poco de grasa para facilitar la operación, pero sin excedernos.
- Cuando apretemos los tornillos de la maza de presión, utilizaremos una llave dinamométrica ajustada entre 35 y 50 Nm, aunque es aconsejable observar los datos del fabricante (figura 1.11).
- Realizaremos el apriete por igual en todas las zonas del disco de fricción. Por tanto, nunca deberán apretarse todos los tornillos de un lado antes que los del otro.
- Durante el apriete no retiraremos el centrador del embrague hasta que la maza no esté fijada a su par de apriete.

1.10 Instalación del embrague con el centrador.



1.11 Apriete de la maza con la llave dinamométrica.

4 >> Cálculos en los sistemas de mando

La fuerza aplicada por el conductor sobre el pedal de accionamiento del embrague no es suficiente para accionar la maza de presión, por ese motivo son necesarios multiplicadores de la fuerza. Según los mandos de accionamiento, sean por cable de acero o hidráulicos, se emplearán diferentes formas de multiplicar la fuerza.

4.1 > Ley de la palanca

La **ley de la palanca** se basa en transmitir la fuerza aplicada a un objeto utilizando una barra rígida y gracias a un punto de apoyo (figura 1.12). De esta forma, la fuerza obtenida se crea en función de la distancia que existe entre los dos extremos de la barra y el punto de apoyo, según la siguiente fórmula:

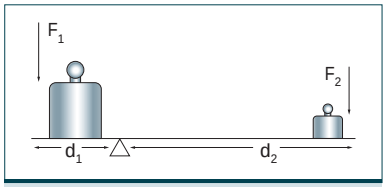
$$F_2 = \frac{d_1 \cdot F_1}{d_2}$$

F_1 = Fuerza aplicada al pedal de freno
d_1 = Distancia entre el apoyo y el extremo donde se aplica la fuerza
d_2 = Distancia entre el eje y el otro extremo

En un sistema de embrague por cable de acero existen dos puntos de amplificación de la fuerza ejercida por el conductor: el pedal del embrague y la horquilla de mando del collarín. En ambas partes se aplica la ley de la palanca para conseguir la amplificación de la fuerza.

Medida de la fuerza

La unidad básica de medida de fuerza en el Sistema internacional de unidades es el newton, cuyo símbolo es «N».



1.12 Ley de la palanca.

Amplificación total

La amplificación total de la fuerza aplicada al embrague de fricción es la suma de la ampliación de la fuerza de la palanca del propio pedal de embrague y de la horquilla de mando.

>> Casos prácticos

Cálculo de la fuerza generada en un conjunto de embrague por cable

•• Calcula la fuerza que llega a un conjunto de embrague accionado por cable (figura 1.13) al pisar el pedal con una fuerza de 80 N, teniendo en cuenta que las medidas son: 140 mm del pedal al punto de apoyo, 40 mm de este al otro extremo, 50 mm del primer extremo de la horquilla a su punto de apoyo y 15 mm del punto de apoyo al otro extremo.

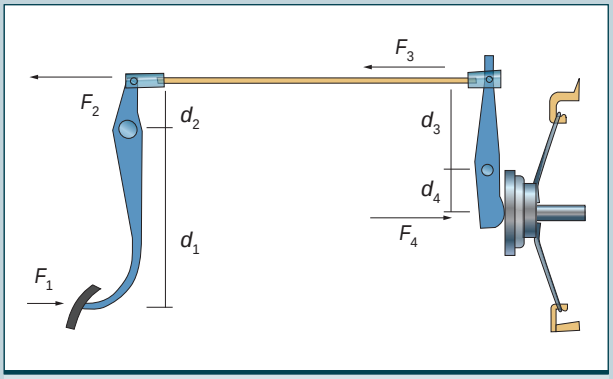
Solución ••

En el pedal tenemos los datos F_1= 80 N, d_1 = 140 mm y d_2= 40 mm, por tanto:

$$F_2 = \frac{140 \cdot 80}{40} = 280 \text{ N}$$

En la horquilla de accionamiento tenemos los datos $F_3 = F_2$ = 280 N, d_3 = 50 mm y d_4 = 15 mm, así:

$$F_4 = \frac{50 \cdot 280}{15} = 933{,}32 \text{ N}$$



1.13 Esquema del accionamiento por cable de un embrague de fricción.

4.2 > Aumento de la presión hidráulica

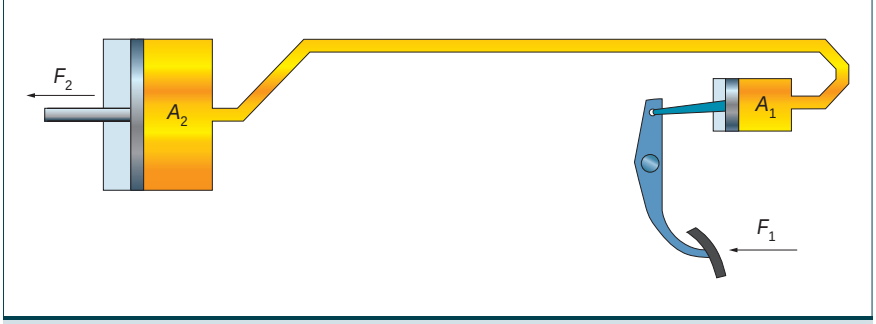
En un circuito hidráulico de un mando de accionamiento de un embrague (figura 1.14) existen dos elementos básicos que producen el aumento de presión:

- El émbolo o pistón procedente de la bomba de freno.
- El pistón receptor del bombín de accionamiento del collarín de embrague.

Para calcular la fuerza amplificada que se obtiene en el collarín en embragues accionados por un circuito hidráulico se aplica la siguiente fórmula:

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \cdot A_2$$

F_1 = Fuerza en el pedal
F_2 = Fuerza final de la presión hidráulica
A_1 = Área del pistón emisor
A_2 = Área del pistón receptor



1.14 Esquema del accionamiento hidráulico de un embrague de fricción.

Área de un pistón

Para calcular el área de un pistón utilizamos la fórmula del área de la circunferencia:

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

d = Diámetro del pistón
π = 3,14

>> Casos prácticos

Cálculo de la fuerza generada en un mando de accionamiento hidráulico

•• Calcula la presión producida en el mando de accionamiento hidráulico de un embrague con un pistón emisor de 10 mm de diámetro y un pistón receptor de 30 mm de diámetro al pisar el pedal con una fuerza de 80 N.

Solución ••

Tenemos los siguientes datos:

$F_1 = 80$ N $d_1 = 10$ mm $d_2 = 30$ mm

Primero calculamos el área de los pistones utilizando la fórmula del área de la circunferencia:

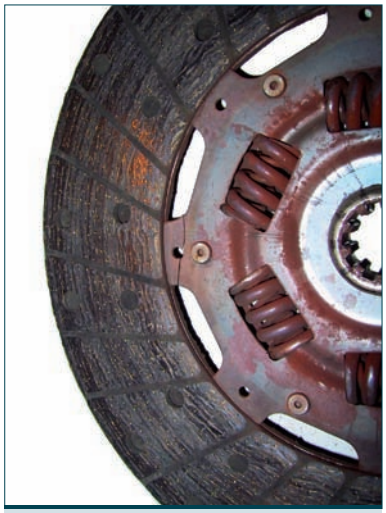
$$A_1 = \pi \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 3{,}14 \cdot 25 = 78{,}5 \text{ mm}^2 \qquad A_2 = \pi \cdot \left(\frac{30}{2}\right)^2 = 3{,}14 \cdot 225 = 706{,}5 \text{ mm}$$

Ahora calculamos con la fórmula la fuerza obtenida en el pistón receptor:

$$F_2 = \left(\frac{80}{78{,}5}\right) \cdot 706{,}05 = 720{,}5 \text{ N de fuerza se aplicará al collarín del embrague}$$

5 >> Mantenimiento del sistema de embrague de fricción

5.1 > Averías del sistema de embrague de fricción



1.15 Forro de fricción desgastado.

Las averías más comunes relacionadas con los sistemas de embrague de fricción son las siguientes:

Falta de potencia en el vehículo

Las causas de la falta de potencia del vehículo relacionadas con el sistema de embrague se deben, principalmente, a lo siguiente:

- Desgaste de los forros de fricción de los discos de embrague (figura 1.15). Se soluciona sustituyendo el disco de fricción del embrague.
- Averías del sistema de tensado del cable que produzcan demasiada tensión en el cable de mando, lo que hace que el disco no se acople totalmente sobre la maza de presión y el volante de inercia. Se debe sustituir el sistema automático de tensado del cable de mando.

Vibraciones en la marcha del vehículo

Las vibraciones en la marcha del vehículo se suelen deber a lo siguiente:

- Deformaciones en los discos de fricción. Se reparan sustituyendo el disco de embrague.
- Rotura o pérdida de características del material de las patillas de accionamiento de la maza de presión. En este caso se deberá proceder a la sustitución de dicha maza de presión.
- Apriete de forma no uniforme de los tornillos de la maza de presión. Para subsanarlo se deberá volver a realizar el apriete de estos tornillos con la llave dinamométrica y el par de apriete correcto.

Ruidos en el conjunto del embrague

1.16 Desgaste del cojinete.

Los ruidos en el embrague suelen estar causados por:

- Desgaste del cojinete de empuje o collarín (figura 1.16). En estos casos se recomienda la sustitución del collarín.
- Corrosión o suciedad en el pivote de la horquilla. Se puede subsanar engrasando el propio pivote de la horquilla de mando.

Dificultad para el cambio de marchas

Si las velocidades rascan al cambiarse quiere decir que el reglaje del embrague está mal, de forma que al pisar el pedal a fondo no se suelta el disco por completo. Para solucionarlo hay que realizar un reglaje correcto.

Golpeteo en su funcionamiento

El golpeteo durante el funcionamiento del embrague se produce por:

- Desgaste en el casquillo del árbol primario. Para solucionarlo hay que cambiar dicho casquillo.
- Platillo de apoyo del collarín desencajado. Para solucionarlo se realiza un reglaje de la maza.
- Volante de inercia flojo. Se corrige apretándolo.

5.2 > Posibles defectos en los sistemas de embrague de fricción

En los sistemas de embrague de fricción pueden existir defectos que mermen sus características o su durabilidad. Las partes más afectadas por este tipo de defectos suelen ser el volante motor y la maza de presión.

Volante motor

Para comprobar que el volante motor no tiene defectos, debemos observar si presenta surcos en la superficie de fricción, cambios violetas que indican que ha sido sometido a altas temperaturas de funcionamiento o grietas en todo el volante motor. Con ellos el volante correría el riesgo de romperse, pudiendo causar mayores averías.

Maza de presión

En la maza de presión podemos distinguir defectos como zonas violetas por sobrecalentamiento (figura 1.17) o surcos ocasionados por el desgaste excesivo del disco de fricción y por el roce de los remaches de los forros de fricción, que sirven como sujeción de los mismos y son testigos de desgaste.

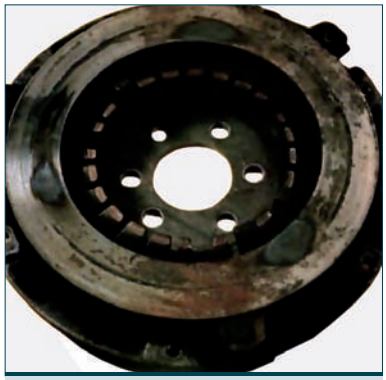
5.3 > Comprobaciones del sistema de embrague

Las comprobaciones de un sistema de embrague se resumen en:

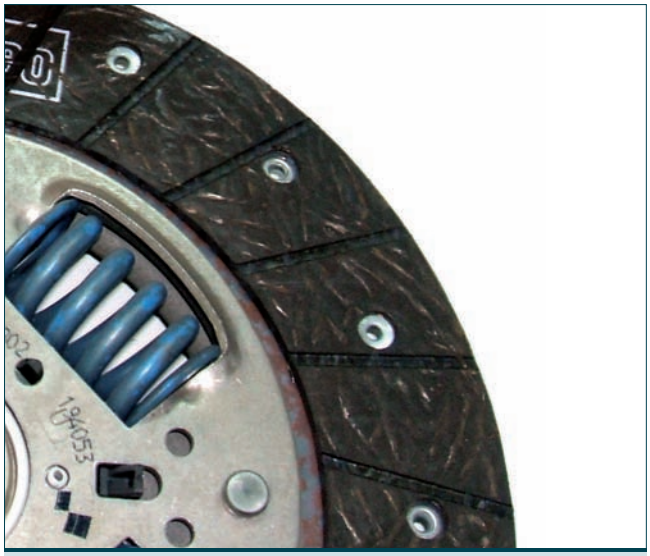
- Comprobación del desgaste del disco, donde se toma como referencia la profundidad de los remaches de sujeción de los forros (figura 1.18).
- Comprobación de la altura de las pestañas del diafragma de una maza de presión, que se realiza con un mármol y la sonda de profundidad de un calibre, con los que se observa la altura de cada una de dichas pestañas (figura 1.19). Si fueran distintas, podrían causar problemas de vibraciones en la marcha del vehículo que serían transmitidas a la propia carrocería.

Kit de reparación del disco de embrague

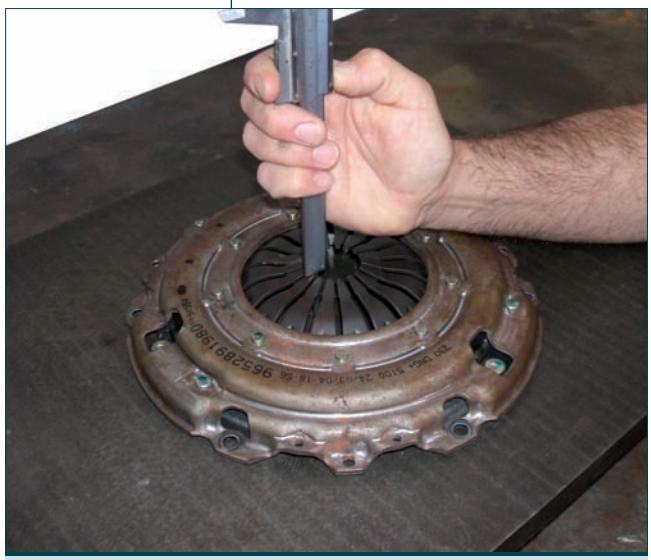
Normalmente en trabajos de sustitución de algún elemento del embrague de fricción se sustituye mediante un kit de reparación compuesto de disco de embrague, maza de presión y collarín de empuje.



1.17 Zonas moradas en la maza.



1.18 Remaches de sujeción de los forros del disco de fricción.



1.19 Comprobación de la altura de las pestañas de una maza.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuál es la misión del embrague en el vehículo?

2·· Indica por orden las piezas que componen un embrague de fricción, comenzando por el motor de combustión.

3·· ¿Qué ventajas obtenemos con un volante bimasa?

4·· ¿Cuál es la composición de un volante bimasa?

5·· Explica los factores que intervienen en las dimensiones del conjunto del embrague.

6·· Indica las partes de un disco de embrague, su misión en el sistema de embrague y las averías que pueden sufrir.

7·· ¿Qué entiendes como mando del sistema de embrague y cuáles conoces?

8·· ¿Por qué se montan sistemas automáticos de tensado en los sistemas de mando por cable?

9·· Explica los elementos que componen un mando hidráulico y si este tiene algún sistema de autorregulación. Razona tu respuesta.

10·· Para comprobar el desgaste de un disco de fricción, ¿en qué te fijarías?

11·· Si el vehículo vibra en la marcha, ¿a qué puede deberse que esté relacionado con el embrague?

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica el tipo de mando de accionamiento del embrague que lleva un vehículo de tu taller.

2·· Identifica las partes de un embrague del que dispongas en tu taller. ¿Qué tipo de maza posee?

3·· ¿Qué ocurre en un sistema de palanca si colocas en los dos extremos dos cuerpos del mismo peso y el punto de apoyo está en el centro? ¿Y si desplazas el punto de apoyo hacia uno de los lados?

4·· Calcula la fuerza que llega a un sistema de embrague accionado por cable al pisar el pedal con una fuerza de 100 N, teniendo en cuenta que las medidas son: 120 mm del pedal al punto de apoyo, 60 mm de este al otro extremo, 40 mm del primer extremo de la horquilla a su punto de apoyo y 10 mm del punto de apoyo al otro extremo.

5·· ¿Con cuánta fuerza ha pisado el conductor el pedal del embrague si la fuerza producida en el mando de accionamiento hidráulico ha sido de 700 N, el radio del pistón receptor es de 6 mm y el del pistón emisor de 3 mm?

Caso final

Verificación del disco de embrague

•• Comprueba el estado de un disco de embrague para determinar si es necesario proceder a su cambio. Necesitarás para ello realizar un desmontaje y un posterior montaje del sistema de embrague.

Solución ••

Como se indica en el enunciado, para poder acceder al disco de embrague primero deberemos desmontar el sistema de embrague siguiendo los pasos descritos en la Técnica «Montaje y desmontaje del sistema de embrague» de una forma ordenada:

1. Desenbornamos los bornes de la batería.
2. Vaciamos la valvulina de la caja de cambios por el tornillo del que dispone la misma.
3. Desmontamos los palieres o transmisiones delanteras.
4. Quitamos todos los conectores eléctricos que se encuentren en la caja de cambios.
5. Desmontamos el sistema de mando.
6. Extraemos la campana de la caja de cambios.
7. Procedemos al desmontaje del sistema de embrague de fricción: extraemos los tornillos de sujeción de la maza de presión y sacamos todo el embrague incluido el disco de embrague.

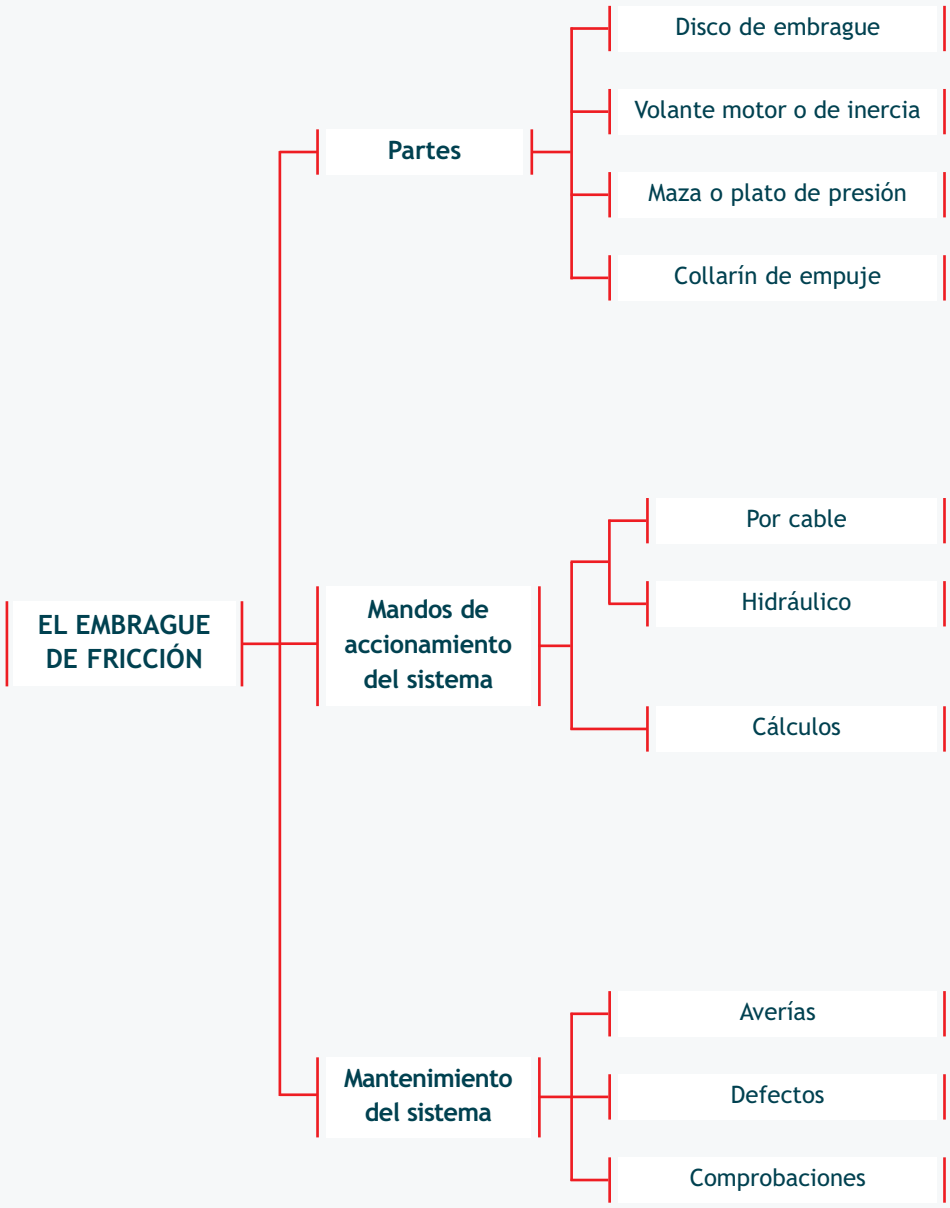
Una vez sacado el disco de embrague comprobamos su estado fijándonos en la profundidad de los remaches: si es escasa deberá sustituirse el disco (figura 1.20).

También es importante observar si el disco de embrague está impregnado de aceite, ya que, en este caso, habrá que sustituirlo. Por lo tanto, observaremos si pierde aceite por el retén del volante motor y por el retén del primario de la caja de cambios.

Para el montaje del sistema de embrague seguiremos el orden inverso al desmontaje, teniendo en cuenta que los tornillos de la maza de presión se apretarán con una llave dinamométrica regulada entre 35 y 50 Nm, aunque es aconsejable observar los datos del fabricante. Además, este apriete se realizará a la vez y de la misma forma por todas las partes del disco de fricción.

1.20 Comprobación de la profundidad de un remache del disco de fricción.

Ideas clave


EL EMBRAGUE DE FRICCIÓN
Partes
Disco de embrague
Volante motor o de inercia
Maza o plato de presión
Collarín de empuje
Mandos de accionamiento del sistema
Por cable
Hidráulico
Cálculos
Mantenimiento del sistema
Averías
Defectos
Comprobaciones

EL AMIANTO

¿Qué es el amianto?

El amianto es un conjunto de fibras minerales sólidamente unidas entre sí y muy resistentes al calor, la abrasión y la tracción. Se encuentra de forma natural en formaciones rocosas alrededor del mundo. Los principales productores y exportadores de amianto son Rusia, Canadá y Sudáfrica.

Este material se caracteriza por su gran resistencia al desgaste y a los aumentos de temperatura. Además es de un reducido coste y posee un elevado coeficiente de rozamiento. Estas características han hecho que antiguamente se utilizase en la fabricación de elementos del vehículo, como en zapatas de frenos, pastillas de freno o discos de embrague, hasta que, por seguridad, fue eliminado.

¿Por qué nos preocupa el amianto?

Una de las características del amianto es que puede separarse con relativa facilidad en fibras cada vez más pequeñas, hasta llegar a tamaños microscópicos. Los productos que contienen amianto no presentan riesgo para la salud si las fibras permanecen fuertemente unidas, pero pueden ser perjudiciales si los materiales se rompen o se desgastan y este material se inhala, ya que se puede causar enfermedades como los mesoteliomas, el cáncer de pulmón o la asbestosis. Por este motivo, al trabajar con elementos que contengan amianto, es importante trabajar con mascarillas, para evitar en lo posible inhalar este compuesto.

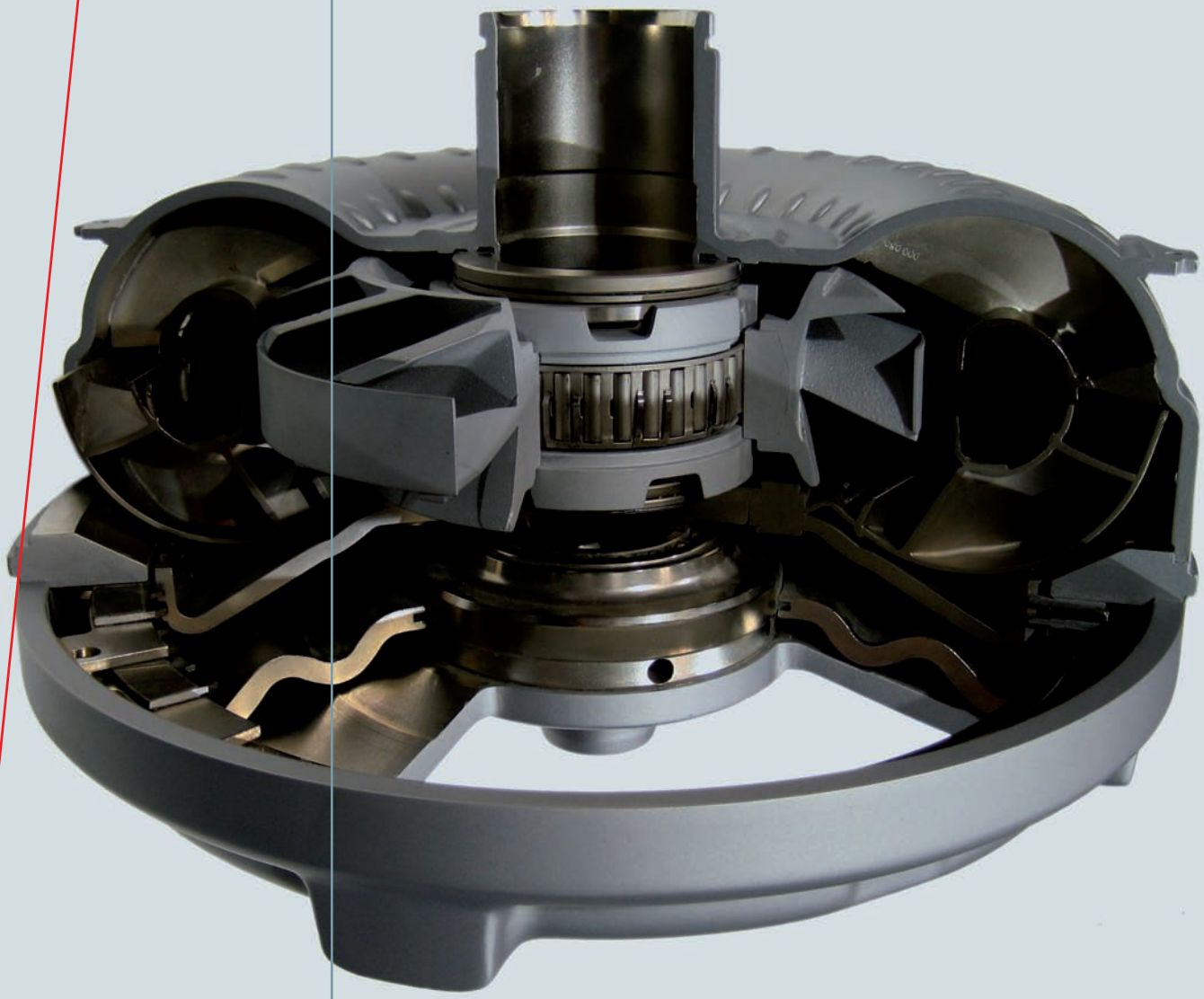
¿En la actualidad se utiliza este tipo de compuesto?

Desde el comienzo de los años 90 el amianto dejó de utilizarse en los países de la Unión Europea debido a las causas mencionadas anteriormente.

¿Por qué compuestos se ha sustituido el amianto?

El amianto se ha sustituido por otras fibras naturales prensadas que son menos dañinas para el organismo.

Jaime Carlos Borja
Jaime Fendel
Jose Seco



unidad 2

Otros tipos de embragues

SUMARIO

- El embrague centrífugo
- El embrague electromagnético
- El embrague hidráulico
- El embrague multidisco

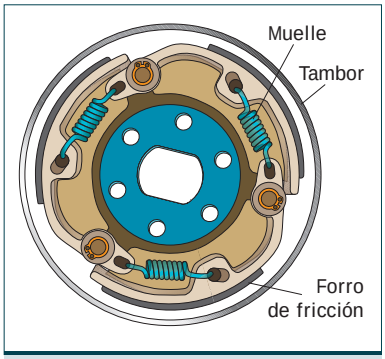
OBJETIVOS

- Conocer las partes, el funcionamiento y el mantenimiento de los embragues centrífugo, electromagnético, hidráulico y multidisco.

1 >> El embrague centrífugo

El embrague centrífugo basa su funcionamiento en las fuerzas centrífugas que se generan por el movimiento del motor de combustión. Se utiliza principalmente en motocicletas de dos tiempos y maquinaria como cortasetos, motosierras, etc.

Los embragues centrífugos están formados por los **forros de fricción,** los **muelles** y el **tambor** de transmisión de movimiento (figura 2.1).



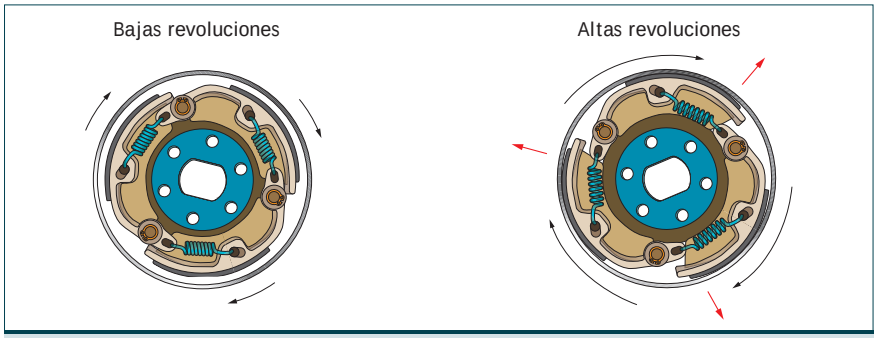
2.1 Partes del embrague centrífugo.

1.1 > Funcionamiento del embrague centrífugo

La fuerza centrífuga que se genera por el movimiento del motor de combustión cuando el vehículo se encuentra a ralentí no es suficiente para que los muelles del embrague se expandan y, así, los forros de fricción no llegan a contactar con el tambor. De esta forma, no existe transmisión de movimiento a las ruedas y el vehículo podrá mantener el motor en funcionamiento sin moverse.

Cuando el régimen de revoluciones en el motor aumenta, se crea una mayor fuerza centrífuga sobre el conjunto, lo que hace que los muelles se expandan y los forros contacten con el tambor. En ese momento comienza la transmisión de movimiento al sistema de enlace con la rueda.

Como consecuencia, cuanto mayor sea el número de revoluciones del motor, mayor contacto habrá entre los forros y el tambor y, por tanto, mayor transmisión de par (figura 2.2).



2.2 Funcionamiento del embrague centrífugo.

1.2 > Otras disposiciones del embrague centrífugo

Existen embragues centrífugos semiautomáticos formados por un embrague centrífugo y un embrague de fricción. La unión de ambos se realiza para conseguir dos objetivos:

- Mantener el ralentí sin que el motor de combustión se cale aun habiendo una velocidad engranada.
- Poder disponer de una caja de cambios de velocidades para adaptar mejor el vehículo a las necesidades de la marcha.

Su funcionamiento consiste en activar primero el embrague centrífugo, encargado del inicio de la marcha. A partir de entonces, el tambor transmitirá movimiento al embrague de fricción, que está en contacto con la cara externa del tambor.

Averías más frecuentes en un embrague centrífugo

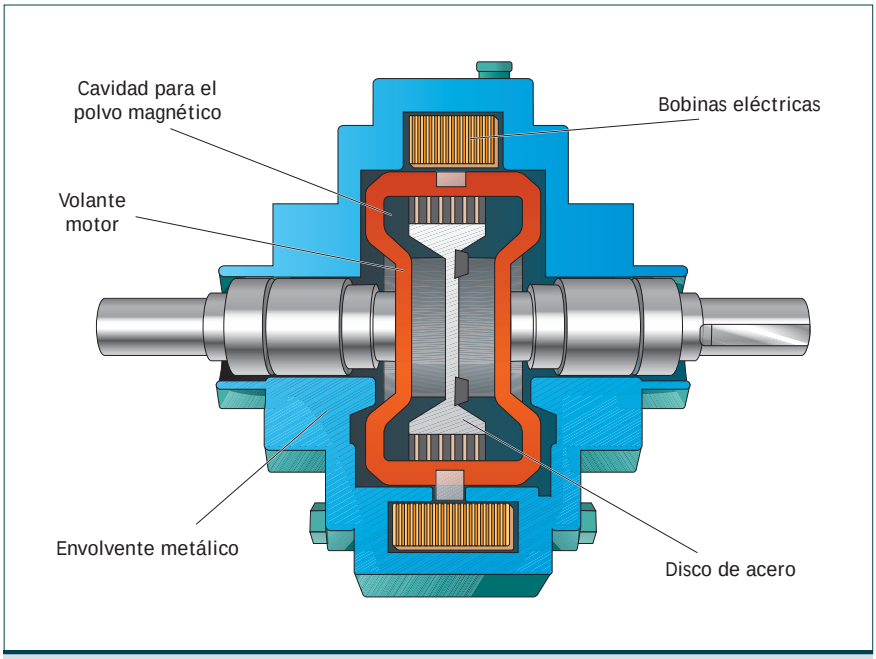
El desgaste de los forros o la pérdida de elasticidad de los propios muelles del conjunto son las averías más frecuentes que se encuentran en los embragues centrífugos.

2 >> El embrague electromagnético

El embrague electromagnético se utiliza principalmente en furgonetas y camiones de bajo y medio peso. Su principal característica es que no existe fricción entre ninguno de sus componentes, por lo que no se producen desgastes, reduciéndose el coste de su mantenimiento y las averías que se ocasionan en los embragues de fricción.

Este tipo de embragues están formados por unas **bobinas eléctricas** de tipo estacionario (fijas), un **disco de acero,** un **envolvente del conjunto** y un **volante motor** (figura 2.3).

El disco va montado en el árbol primario de la caja de cambios por medio de un cubo estriado, sustituyendo al disco de embrague convencional.



2.3 Partes de un embrague electromagnético.

2.1 > Funcionamiento del embrague electromagnético

El embrague electromagnético se ubica en el volante motor del vehículo. Lleva en su interior el denominado **polvo magnético,** formado principalmente por hierro dulce que, al ser sometido a un campo magnético, se convierte en un bloque sólido.

Si no se produce un campo magnético, el volante motor gira sin transmitir su movimiento al embrague electromagnético.

Cuando se crea el campo magnético, el polvo magnético se aglomera en el espacio existente entre el disco de acero y el volante motor. Es en ese momento cuando se convierte en un bloque y comienza la transmisión de movimiento entre motor y caja de cambios.

La creación del campo magnético no es instantánea, lo que ayuda y beneficia la progresividad de acción del embrague electromagnético, que nunca debe ser brusco en su actuación.

2.2 > Averías en el embrague electromagnético

Las únicas averías que suelen darse en los embragues electromagnéticos son de tipo eléctrico, ya que no existen componentes ni de fricción ni hidráulicos. Estas averías pueden resumirse en tres:

- **Elevadas resistencias:** debido a que los contactos o terminales estén sucios u oxidados (figura 2.4).
- **Bobinas cortadas:** si en algún punto de la bobina eléctrica se corta el bobinado eléctrico y, por tanto, no funciona (figura 2.5).
- **Derivaciones a masa de la bobina:** que se detecta cuando, al medir una resistencia, esta resulta ser menor que la que nos indica el fabricante. Esto quiere decir que el bobinado se ha cortado en algún punto y, a través del cuerpo metálico, se cierra a masa el circuito reduciéndose la resistencia eléctrica en el tramo de la bobina que se ha cortado.

2.4 Avería tipo 1: el polímetro marca infinito (elevadas resistencias).

2.5 Avería tipo 2: el polímetro marca 0 (bobinas cortadas).

Debido al tipo de averías que se dan en estos embragues, los elementos que se deben tener en cuenta en el mantenimiento son las bobinas eléctricas, las conexiones, el cableado eléctrico y el interruptor de señal eléctrica situado en el pedal de embrague.

>> Casos prácticos

El embrague no funciona y sus elementos eléctricos funcionan correctamente

Supongamos que se han realizado las comprobaciones de los elementos eléctricos del embrague electromagnético, pero todos ellos funcionan correctamente y el embrague sigue sin funcionar. ¿Qué debemos comprobar entonces?

Solución ··

Es posible que no llegue la tensión a la conexión del conjunto del embrague. Por ello, actuando sobre el pedal de embrague electromagnético, revisaremos la instalación eléctrica o el relé de mando, normalmente situado en el vano de motor del vehículo.

3 >> El embrague hidráulico

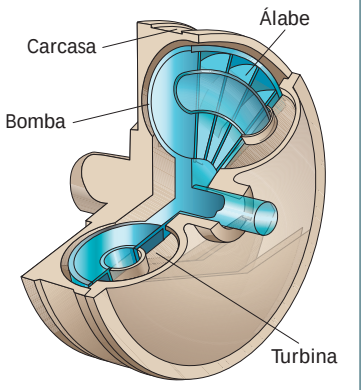
El embrague hidráulico transmite el movimiento gracias a la circulación de aceite en su interior.

Este tipo de embrague presenta las siguientes ventajas:

- Gran suavidad en el acoplamiento.
- Inexistencia de ruidos en su funcionamiento.
- Menor número de averías, ya que no existe ninguna fricción entre sus componentes.

Los embragues hidráulicos están constituidos por los siguientes componentes (figura 2.6):

- **Bomba:** recibe el movimiento del motor de combustión. También es conocida como **turbina motriz.**
- **Turbina receptora:** da movimiento a la caja de cambios. Está unida al eje de entrada de dicha caja de cambios.
- **Carcasa:** es el elemento metálico que tiene como objetivo asegurar la estanqueidad del fluido.
- **Fluido:** es generalmente aceite.



2.6 Partes del embrague hidráulico.

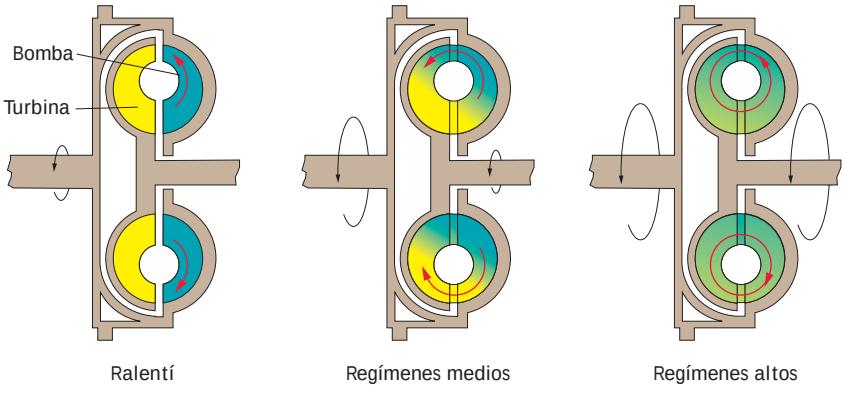
3.1 > Funcionamiento del embrague hidráulico

En los embragues hidráulicos se transmite el movimiento gracias a la corriente de fluido que pasa de la bomba a la turbina, las cuales se encuentran totalmente separadas y presentan unos álabes que según su inclinación serán capaces de transmitir un mayor movimiento.

La corriente de aceite provoca el movimiento de la turbina, ocasionado por el choque constante de las partículas contra sus álabes.

En ralentí, la velocidad de choque del aceite no es suficiente para hacer girar la turbina, debido a la resistencia que presenta el vehículo por su peso y por la acción de los frenos. Se produce, por tanto, un total resbalamiento del fluido y el vehículo permanecerá inmóvil con el motor encendido.

Conforme aumente el número de revoluciones del motor de combustión, la incidencia del fluido contra la turbina irá incrementándose progresivamente y comenzará el movimiento en la caja de cambios (figura 2.7).



2.7 Funcionamiento de un embrague hidráulico.

Similitud con un ventilador

El movimiento del aceite en los álabes de la turbina es similar al movimiento que se produciría en un ventilador parado al que se dirige un chorro de aire con una pistola a presión. En ambos casos, el aceite y el aire, respectivamente, provocan el movimiento de la turbina y del ventilador, respectivamente.

3.2 > Torbellino tórico

Se denomina torbellino tórico al movimiento del aceite que tiene lugar en el interior del conjunto del embrague hidráulico. Gracias a la forma geométrica de la carcasa, se forma un flujo continuo del fluido que se impulsa desde la bomba o turbina motriz, choca contra los álabes de la turbina receptora y retorna otra vez hacia la bomba.

Un embrague hidráulico nunca transmite el 100% de la revoluciones del motor a la caja de cambios, ya que siempre existirá un deslizamiento entre la bomba y la turbina receptora que generará una pérdida de entre un 3 y un 4%. Esa pérdida variará en función del diseño de la bomba, la turbina y la carcasa del embrague.

3.3 > Combinación de un embrague hidráulico y un embrague de fricción

Para posibilitar el uso de una caja de cambios manual en un vehículo con embrague hidráulico, en algunas ocasiones se le añade un embrague de fricción, el cual permite desconectar el movimiento del motor en la caja de cambios de forma voluntaria.

Esta combinación presenta las siguientes ventajas:

- Ofrece la posibilidad de montar una caja de cambios manual.
- Los cambios de marcha se suavizan al eliminarse un pequeño porcentaje de tirones y brusquedades gracias al montaje del embrague hidráulico.

Por otro lado, este sistema tiene los siguientes inconvenientes:

- Se dan pequeñas pérdidas de potencia, ya que consta de dos transmisores de movimiento en serie cuyas pérdidas se suman; normalmente, al 3 ó 4% de pérdidas del embrague hidráulico se le añaden el aproximado 1% de pérdidas del embrague de fricción.
- Aumentan los costes de fabricación del vehículo.

>> Casos prácticos

Cálculo de las revoluciones transmitidas a la caja de cambios

•• Tenemos un embrague hidráulico cuya pérdida de transmisión por deslizamiento del fluido es del 3%. Si el motor de combustión está girando a 2 000 rpm, ¿cuántas revoluciones serán transmitidas al eje de entrada de la caja de cambios automática?

Solución ••

Dado que con el embrague de este caso se pierde un 3% de las revoluciones, las que llegarán a transmitirse son las siguientes:

100% - 3% = 97% de revoluciones se transmitirán

Para saber el número de revoluciones transmitidas aplicamos una regla de tres:

100% ——— 2 000 rpm

97% ——— x rpm

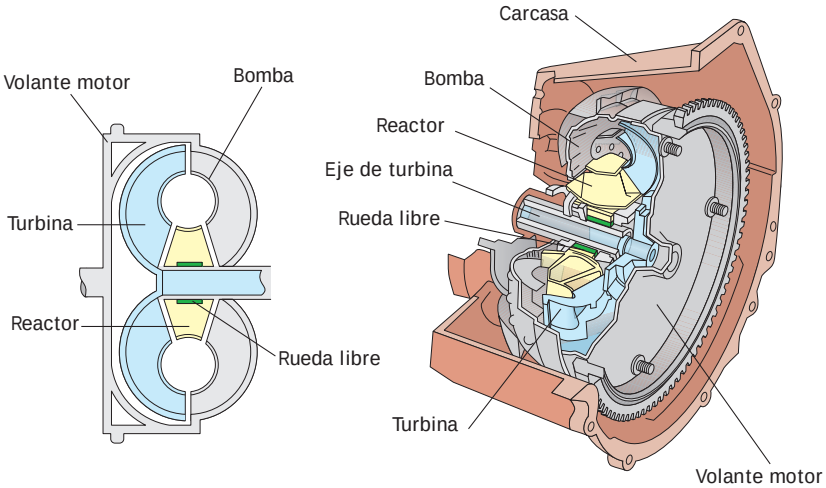
$$x = \frac{97 \cdot 2\,000}{100} = 1\,940 \text{ rpm se transmitirán a la caja de cambios}$$

3.4 > El convertidor de par

El convertidor de par es una evolución del embrague hidráulico y su funcionamiento es semejante. Su principal característica es la capacidad de aumentar por sí solo el par de salida del motor y transmitirlo a la caja de cambios automática.

El funcionamiento de un convertidor de par se basa en la colocación de una turbina extra en el embrague hidráulico denominada **reactor.**

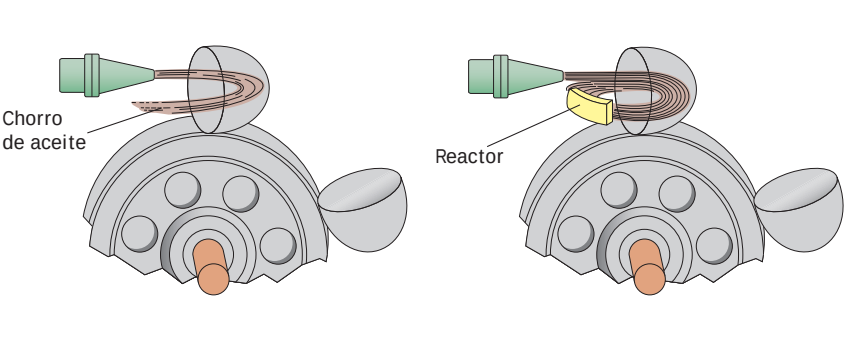
Este reactor se encuentra situado entre la bomba y la turbina receptora, y está unido al eje del embrague mediante una rueda libre que permite el giro en una única dirección (figura 2.8).



2.8 Partes del convertidor de par.

Este reactor también posee álabes inclinados que se encargan de conducir el aceite de forma adecuada de una turbina a la otra.

Como ya se ha visto, si hacemos incidir un flujo de aceite sobre una turbina esta responde con un movimiento. Si además se interpone una nueva turbina, que choque con el flujo, se creará un segundo flujo que sumará movimiento a la propia turbina (figura 2.9).



2.9 Principio de funcionamiento del convertidor de par.

Solo con cajas de cambio automáticas

Con los embragues hidráulicos y los convertidores de par no es posible montar una caja de cambios manual, ya que esta exige poder engranar las marchas, y este tipo de embrague no permite desconectar el movimiento del motor en la caja de cambios de forma voluntaria.

Funcionamiento del convertidor de par

Al iniciarse el giro procedente del motor de combustión, la bomba es accionada por el movimiento del cigüeñal e impulsa el aceite contenido en el interior del convertidor de par.

El aceite incide en los álabes del reactor a la salida de la bomba. Estos álabes tienen inclinación opuesta a la de los álabes de la bomba y la turbina receptora, por tanto, esta corriente de aceite creada empuja al reactor a girar en sentido contrario al de ambas turbinas.

El reactor, mediante el funcionamiento de la rueda libre, no puede girar en sentido inverso, por tanto se produce su bloqueo inmediato, haciendo que el aceite procedente de la turbina receptora se frene cuando rebota en el reactor interpuesto entre ambas turbinas. Entonces se crea una vuelta del fluido hidráulico procedente del reactor a la turbina receptora, que realiza una incidencia extra sobre ella, además de la propia incidencia del fluido hidráulico desde la turbina motriz a la turbina receptora (figura 2.11).

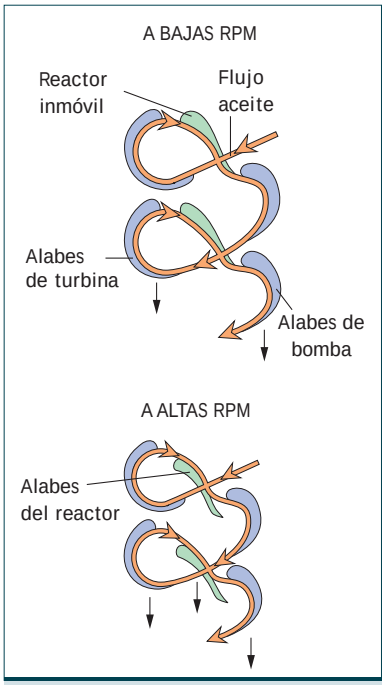
Por tanto, el par final hacia la caja de cambios automática será la suma del par transmitido por la bomba a través del propio aceite impulsado y del par adicional que se produce por la reacción hidráulica desde el reactor sobre la turbina receptora.

Cuanto mayor sea la diferencia de régimen de giro entre la bomba y la turbina receptora, mayor será también la diferencia de par de salida entre la entrada de movimiento procedente del motor de combustión y la salida del convertidor de par hacia la entrada de la caja de cambios de tipo automática.

En el momento en que disminuye el régimen de revoluciones del motor de combustión, se reducen las revoluciones en la bomba, disminuyendo la incidencia de fluido sobre el reactor y la turbina receptora, llegando incluso a moverse dicho reactor en el mismo sentido que ambas turbinas. Esto es debido a que la incidencia del fluido sobre el reactor y la turbina receptora es muy débil, dejando de incidir sobre la turbina y disminuyendo considerablemente las revoluciones de salida del convertidor de par.

Este momento es el llamado **momento de desembrague,** donde la salida de movimiento es nula por parte del convertidor de par hidráulico hacia la caja de cambios y el vehículo permanece inmóvil.

2.10 Reactor de un convertidor de par.



2.11 Torbellino tórico con deflector.

Ventajas del convertidor de par frente al embrague hidráulico

En los vehículos actuales, se utiliza más el convertidor de par que el embrague hidráulico. Sus principales ventajas son las siguientes:

- Es más eficaz en situaciones en las que se necesita un mayor par de salida en el sistema de tracción, como por ejemplo grandes pendientes o arranques.
- Genera menores pérdidas en el rendimiento final, una vez producidos por resbalamientos internos del propio conjunto.

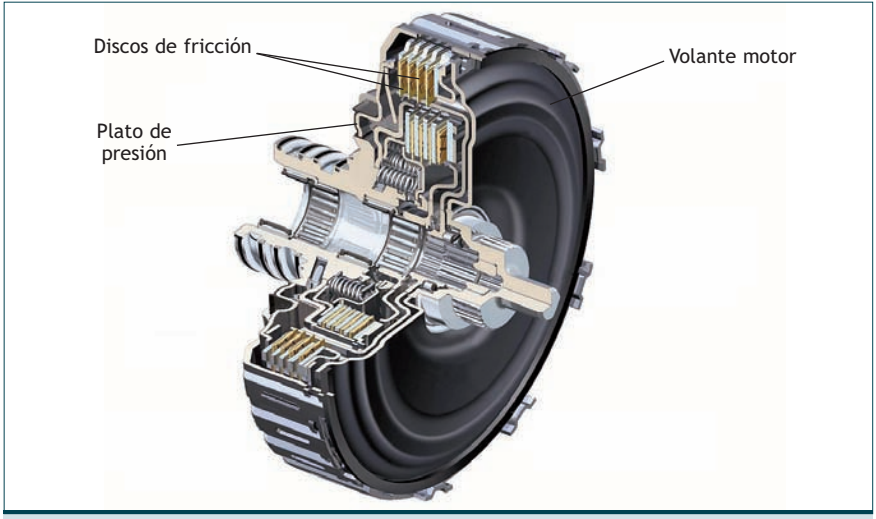
4 >> El embrague multidisco bañado en aceite

Los embragues multidisco bañados en aceite son similares a los embragues de fricción en seco, con la diferencia de que usan aceites para lubricar y refrigerar el conjunto. Están formados por un conjunto de discos que friccionan entre sí transmitiéndose el par motor de unos a otros y repartiéndose así el esfuerzo de funcionamiento.

Las principales características de este tipo de embragues son la suavidad en la transmisión de movimiento, el tamaño compacto del sistema y la mayor derrabilidad.

Los componentes fundamentales de un embrague multidisco son los siguientes (figura 2.12):

- **Plato de presión:** presiona el conjunto de discos contra el tambor interior para la transmisión de movimiento a voluntad del conductor del vehículo. Equivale a la maza de presión en los embragues de fricción en seco.
- **Discos de fricción:** elementos que rozan entre sí cuyo objetivo es la transmisión de movimiento cuando se ejerce una presión en ellos a través del plato.



2.12 Componentes de un embrague de fricción multidisco doble. Fuente: Volkswagen.

4.1 > Inconvenientes de los embragues multidisco

El mayor inconveniente de este tipo de embragues es que pueden no transmitir totalmente el par motor a la caja de velocidades. Por ello, no se recomienda su uso en vehículos que desarrollan un gran par motor de salida, pues existe el riesgo de sufrir resbalamientos en el giro.

Los fabricantes adoptan diversas medidas constructivas en los embragues multidisco para evitar estos riesgos:

- Aumentar el número de discos de fricción en el conjunto para repartir aún más los esfuerzos de funcionamiento.
- Aumentar el diámetro de los discos de fricción para tener una mayor superficie de contacto entre ellos.
- Utilizar aceites con índice de viscosidad mayor.

V Vocabulario

Resbalamiento: acción de transmitir un movimiento de un elemento a otro con pérdida de revoluciones en el segundo. Por tanto, no se transmiten totalmente las revoluciones de giro.

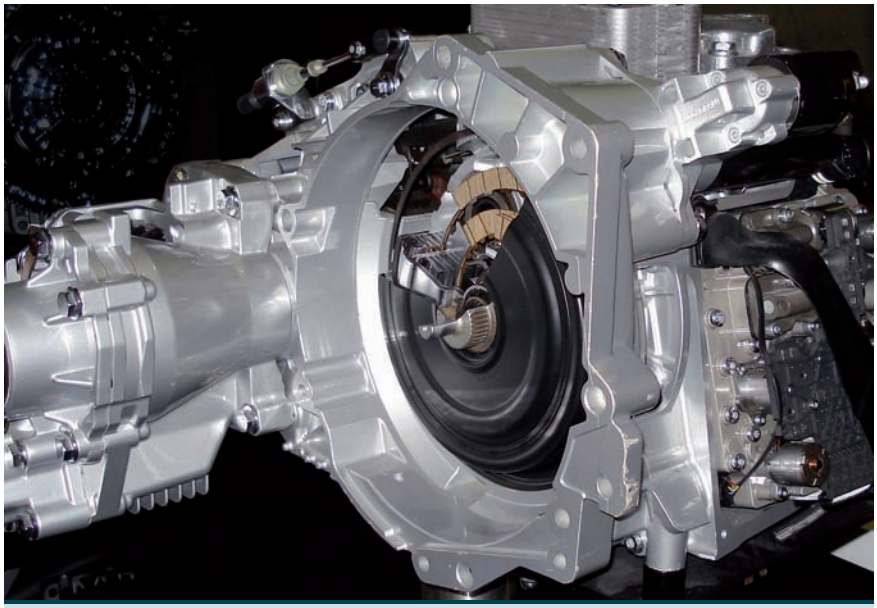
4.2 > Embragues multidisco en el sistema de caja de cambios DSG

El grupo Volkswagen añadió este tipo de embrague en su caja de cambios semiautomática denominada DSG (figura 2.13). Con ello se pretendía conseguir rapidez, elasticidad y suavidad en el acoplamiento de las diferentes velocidades.

Los cambios semitautomáticos de tipo DSG poseen dos embragues multidisco de accionamiento totalmente independiente denominados K1 y K2 que tienen diámetros distintos y uno está insertado en el otro.

Ambos funcionan del mismo modo, ya que el acoplamiento de los discos de fricción se realiza mediante la llegada de la presión hidráulica de una bomba movida por la propia caja de cambios de forma mecánica. La comunicación de la presión hidráulica a los diferentes embragues se realiza mediante unas electroválvulas comandadas por una unidad de control electrónica.

En resumen, la presión hidráulica acciona el plato de presión del embrague y este actúa sobre los discos de fricción bañados en aceite. De esta forma se hace el conjunto solidario y se trasmite el par motor a la caja de velocidades.



2.13 Embragues multidisco en el sistema de caja de cambios DSG.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un embrague multidisco bañado en aceite?

2·· ¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes de los embragues multidisco?

3·· ¿De cuántos embragues multidisco por fricción bañados en aceite está compuesto un embrague en el sistema DSG? Razona tu respuesta.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿En qué se basa el principio de funcionamiento de un embrague centrífugo?

2·· Explica el funcionamiento de un embrague centrífugo en función de las revoluciones del motor y nombra las partes del mismo.

3·· ¿Qué dos objetivos se consiguen con un embrague centrífugo?

4·· ¿De qué partes consta un embrague electromagnético?

5·· Explica el funcionamiento de un embrague electromagnético.

6·· ¿Qué averías son más comunes en los embragues electromagnéticos?

7·· ¿De qué elementos esta compuesto un embrague hidráulico?

8·· Explica el principio de funcionamiento de un embrague hidráulico.

9·· ¿Qué ventajas de funcionamiento presentan los embragues hidráulicos?

10·· ¿Qué entiendes por torbellino tórico?

11·· ¿Es total la transmisión de movimiento de un motor de combustión a una caja de cambios con embrague hidráulico? Razona tu respuesta.

12·· ¿Cuál es el funcionamiento de un convertidor de par?

13·· ¿Que ventajas tienen los convertidores de par frente a los embragues hidráulicos?

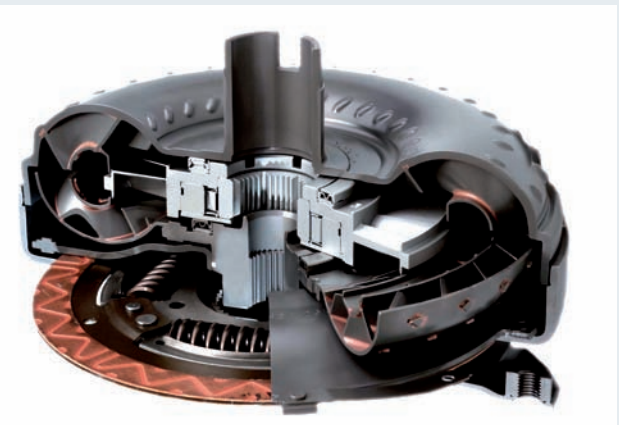
14·· ¿Cuáles son los inconvenientes de los embragues multidisco bañados en aceite?

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza las comprobaciones eléctricas de un embrague electromagnético. Recuerda que las averías están producidas por elevadas resistencias, bobinas cortadas y derivaciones a masa.

2·· Calcula las revoluciones que transmitirá a la caja de cambios un embrague hidráulico que presenta una pérdida por deslizamiento del fluido del 2,5% si el motor gira a 3 000 rpm.

3·· El motor de un vehículo con un convertidor de par combinado con un embrague de fricción gira a 4 200 rpm. Si la pérdida del embrague hidráulico es de un 1,2% y la del embrague de fricción es del 0,8%, ¿qué revoluciones estará transmitiendo a la caja de cambios?



2.14 Convertidor de par con embrague de fricción.

Caso final

Comprobación del estado de un embrague centrífugo

•• Comprueba el estado del embrague centrífugo de una motosierra que ha perdido potencia.

Solución ••

Para desmontar el embrague centrífugo primero tenemos que localizarlo en la motosierra.

Procedemos a su desmontaje utilizando las herramientas correctas. Es necesario además ordenar de forma adecuada los elementos desmontados, como por ejemplo los tornillos, para facilitarnos así el posterior montaje (figuras 2.15 y 2.16).

Una vez fuera el embrague centrífugo, observamos su estado comprobando los muelles, el desgaste de los forros de fricción y si el interior del tambor presenta ralladuras (figura 2.17).

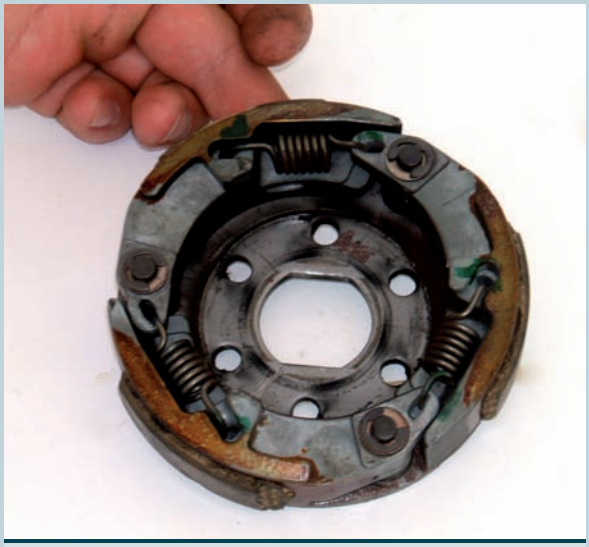
Si los forros de fricción no están en condiciones, los sustituimos por unos nuevos.

También comprobaremos el estado del tambor, ya que si este no es el apropiado, deberemos proceder a la rectificación o sustitución del mismo.

Es aconsejable aplicar un poco de grasa en el eje de rotación, pero sin sobrepasarse, ya que si aplicamos demasiada la fuerza centrífuga del movimiento la escupiría por todo el conjunto, perdiendo así el embrague eficacia de funcionamiento.

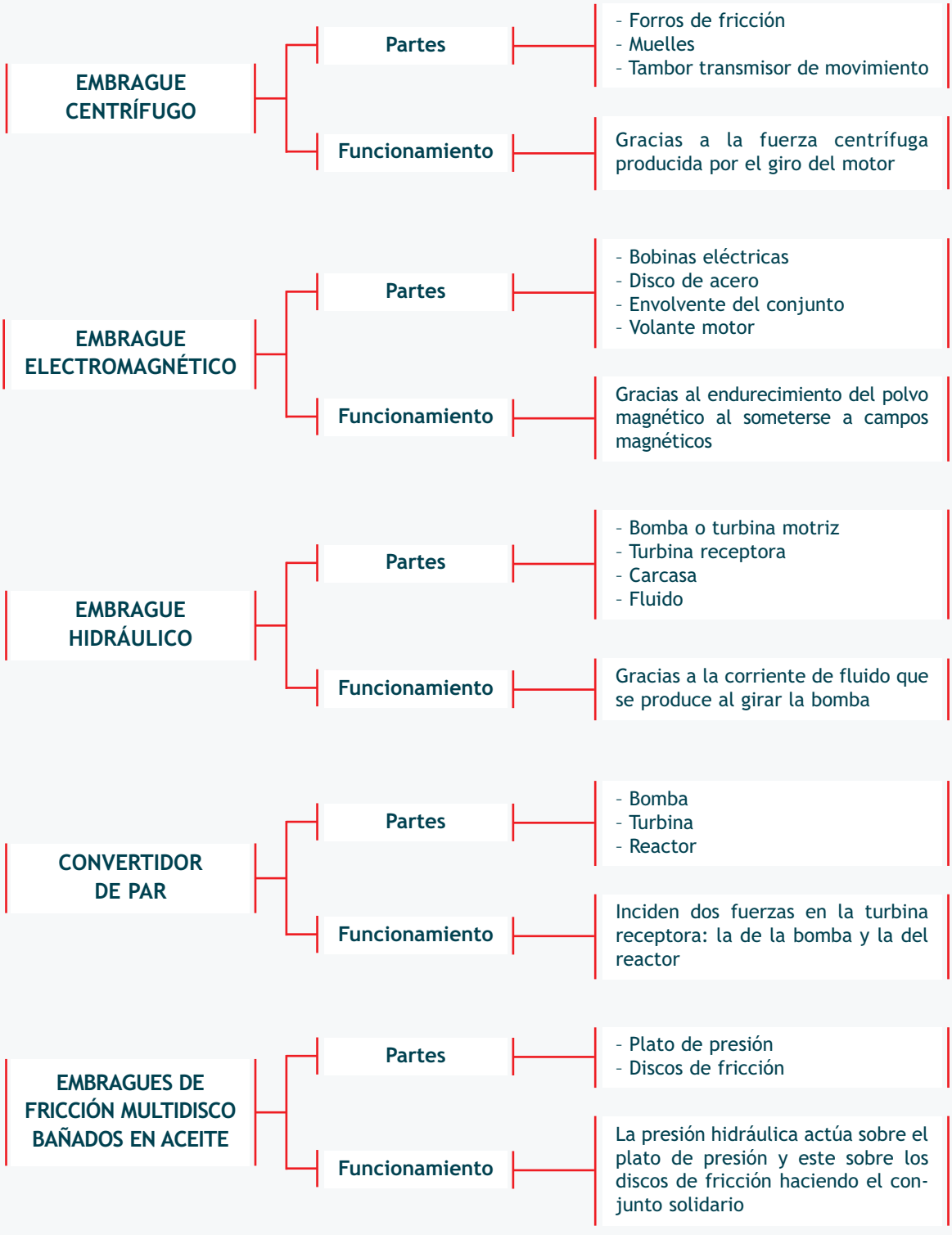
2.15 Extracción del embrague centrífugo de la motosierra.

2.16 Desmontaje del embrague para proceder a su separación.



2.17 Comprobación del estado del embrague centrífugo.

Ideas clave


EMBRAGUE CENTRÍFUGO
Partes
- Forros de fricción
- Muelles
- Tambor transmisor de movimiento
Funcionamiento
Gracias a la fuerza centrífuga producida por el giro del motor
EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO
Partes
- Bobinas eléctricas
- Disco de acero
- Envolvente del conjunto
- Volante motor
Funcionamiento
Gracias al endurecimiento del polvo magnético al someterse a campos magnéticos
EMBRAGUE HIDRÁULICO
Partes
- Bomba o turbina motriz
- Turbina receptora
- Carcasa
- Fluido
Funcionamiento
Gracias a la corriente de fluido que se produce al girar la bomba
CONVERTIDOR DE PAR
Partes
- Bomba
- Turbina
- Reactor
Funcionamiento
Inciden dos fuerzas en la turbina receptora: la de la bomba y la del reactor
EMBRAGUES DE FRICCIÓN MULTIDISCO BAÑADOS EN ACEITE
Partes
- Plato de presión
- Discos de fricción
Funcionamiento
La presión hidráulica actúa sobre el plato de presión y este sobre los discos de fricción haciendo el conjunto solidario

La mecánica de un fórmula 1

Los componentes de los monoplaza utilizados en las competiciones de máxima velocidad están diseñados y construidos con materiales ultralivianos, de última tecnología y alto costo.

Cada uno de los componentes de un coche de F1 se prueba en diferentes condiciones a fin de determinar sus características dinámicas y mecánicas antes de ensamblarlo. Uno de los aspectos más delicados en la construcción de un vehículo de competición es la distribución de su peso. Un monoplaza no debe excederse de los 600 kg incluyendo el piloto, pero sin el combustible, motivo por el cual deben ser fabricados con materiales muy livianos, como la fibra de carbono, y capaces de lograr estabilidad a velocidades extremas.

Motor

El motor de un F1 es considerado un milagro de la ingeniería moderna. El mejor de estos propulsores (3 litros aspirados, 8 cilindros en V) alcanza las 19 000 rpm, genera cerca de 900 CV y su peso es de solo 95 kg. Duplica la capacidad en centímetros cúbicos de un motor convencional, triplica el número de revoluciones, logra ocho veces más potencia y pesa la mitad. Su composición es de aluminio con algunas partes cerámicas que le otorgan un alto rendimiento y poco peso.

Transmisión

La caja de cambios debe tener seis o siete velocidades, logrando la transición de una marcha a otra en millonésimas de segundo. Se utilizan cajas hechas de titanio o carbono y titanio. En los monoplazas, el embrague está conectado al motor y fijado a través de este a la caja de cambios. Sólo hay dos proveedores de embragues deportivos: AP Racing y Sachs, cuyos embragues están hechos de fibra de carbono y deben resistir elevadísimas temperaturas (500 °C). Por reglamento no pesan más de 1,5 kg.

Diferencial

Está colocado entre la caja de cambios y las ruedas motrices. Juega un rol importantísimo: mantiene el agarre del auto en curva. La rueda externa cubre una distancia mayor respecto a la rueda interna, por lo que cada rueda presenta una velocidad distinta de rotación. El diferencial de un F1 está dotado de sistemas electrónicos que pueden adaptarse a todas las situaciones, transfiriendo si es necesario parte del par motriz de la rueda que gira más rápido, a la rueda que presenta la mayor adherencia. Los pilotos tienen que encontrar un justo compromiso en la regulación de este sistema entre la energía cinética y el agarre en las curvas: aumentando el coeficiente de bloqueo se gana motricidad y reduciéndolo se mejora la adherencia.

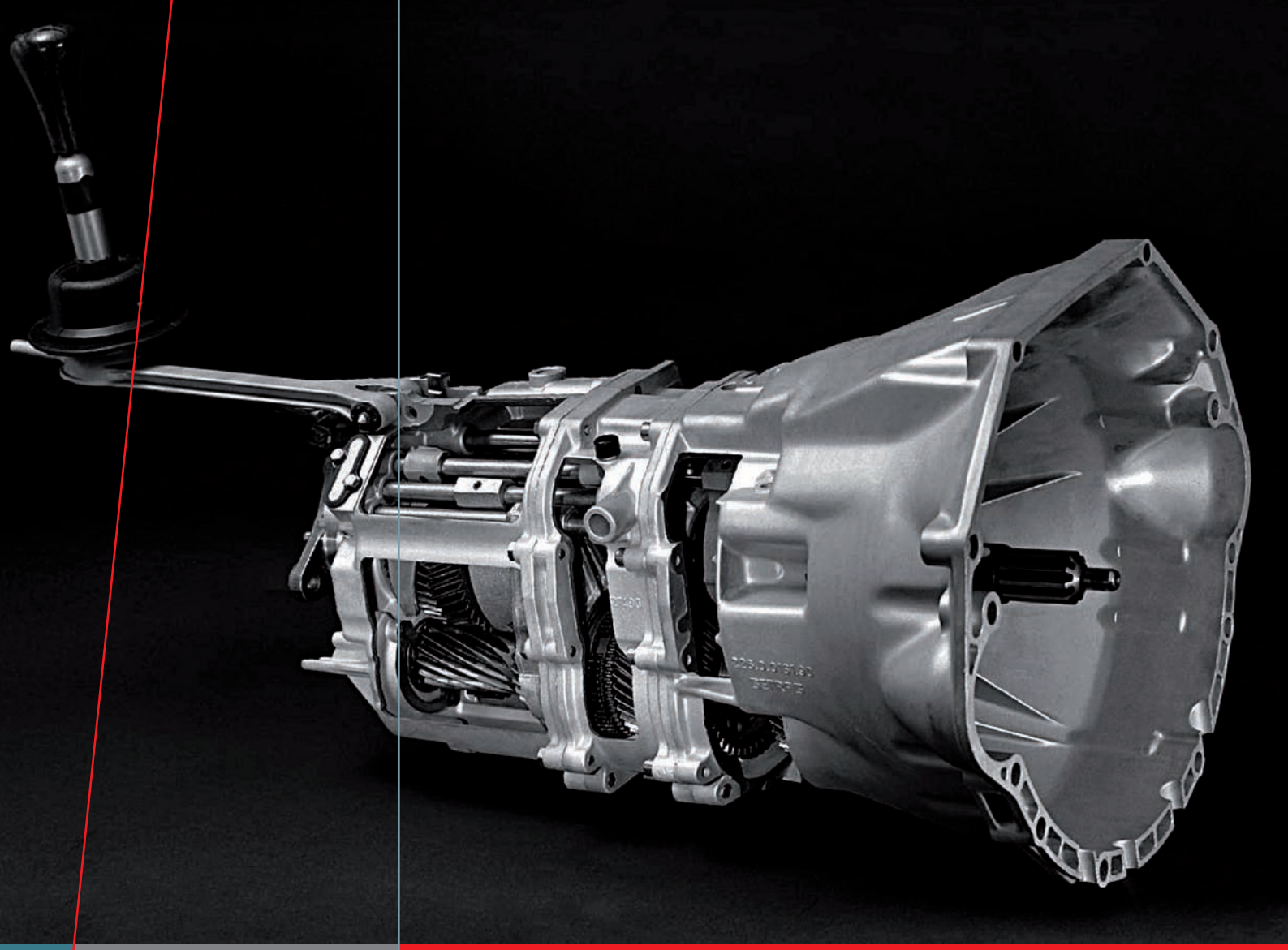
Tracción

El control de tracción es un sistema de ayuda al piloto que está regulado electrónicamente para evitar que las ruedas patinen al perder adherencia, garantizando la máxima aceleración.

Frenos

Los frenos ejercen un rol importante en un vehículo de F1. Su calidad permite reducir los espacios de la frenada y ganar décimas de segundo. Están hechos de fibra de carbono y no pesan mas de 1,5 kg. Según la FIA, cada rueda lleva un sólo cáliper o pinza de freno (hecho con una aleación de aluminio) con un máximo de seis pistones. Tienen un grosor de 28 mm y un diámetro de 278 mm. Al frenar, los discos pueden alcanzar hasta 300 °C, logrando reducir la velocidad desde los 300 kilómetros por hora hasta 80 en menos de dos segundos. Estos frenos son refrigerados por aire mediante conductos cuidadosamente diseñados y regulados por la FIA. No se admiten sistemas refrigerados por líquido.

Ivis Ariza Pérez
AutoZulia Internacional



unidad 3

La caja de cambios manual

SUMARIO

- Constitución, tipos, funcionamiento, lubricación y mandos de accionamiento
- Cálculo de las relaciones de transmisión
- Dispositivos integrados en la caja de cambios manual

OBJETIVOS

- Conocer los elementos que componen la caja de cambios manual.
- Comprender el funcionamiento de la caja de cambios manual.
- Saber calcular las relaciones de transmisión obtenidas con las distintas velocidades de la caja de cambios manual.

1 >> La caja de cambios manual

La caja de cambios es un elemento de transmisión que se interpone entre el motor y las ruedas con la función de administrar las revoluciones entre estos dos elementos. Para ello la caja de cambios modifica el número de revoluciones transmitidas a las ruedas e invierte su sentido de giro cuando las necesidades de la marcha así lo requieren.

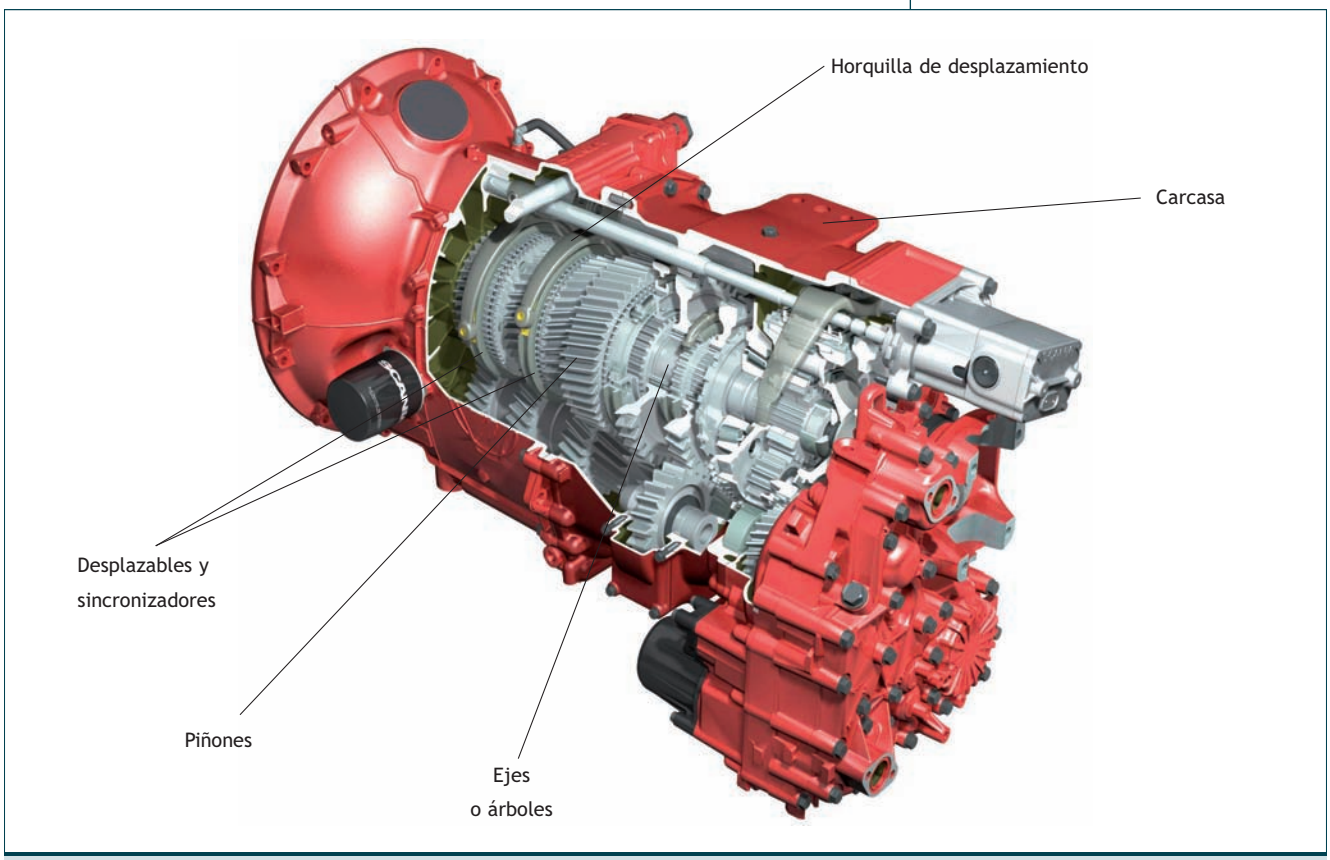
1.1 > Constitución de la caja de cambios manual

Las cajas de cambios están formadas por los siguientes elementos (figura 3.1):

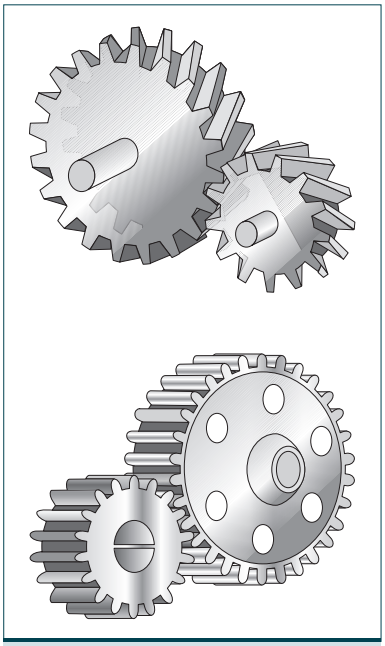
- **Piñones:** acoplados en pares de transmisión, uno conductor (transmite las revoluciones del motor) y otro conducido.
- **Ejes o árboles:** sobre los que van montados los piñones.
- **Desplazables:** que se encargan de engranar las marchas.
- **Sincronizadores:** encargados de facilitar el engranaje de las marchas.
- **Carcasa:** donde se encuentran todos los elementos anteriores y que sirve a su vez de recipiente para el aceite de lubricación de las piezas.

El número de dientes del piñón conductor y del conducido suelen ser distintos entre sí para repartir el desgaste entre ellos y evitar vibraciones en su funcionamiento debido al desajuste provocado por una holgura excesiva en el montaje de ambos piñones.

p Práctica 3



3.1 Elementos de la caja de cambios manual.



3.2 Dientes helicoidales y rectos.

1.2 > Materiales de fabricación de la caja de cambios manual

La caja de cambios está constituida por una serie de piñones de acero al carbono de extrema dureza, ya que soportan fuerzas de gran intensidad. Estos reciben además un tratamiento de temple, que consiste en aumentar la temperatura del metal aceleradamente, para proceder a continuación a su enfriamiento rápido, obteniendo así la máxima dureza y resistencia al desgaste.

Los piñones están formados por dientes helicoidales, con los que se consigue un funcionamiento más silencioso y una mayor superficie de contacto, reduciéndose su desgaste y el riesgo de que un diente se parta por sobreesfuerzos. Los únicos piñones que pueden poseer dientes rectos son los de la marcha atrás, aunque algunos ya estén dotados de dientes helicoidales (figura 3.2).

La carcasa suele estar fabricada de fundición gris o aluminio, siendo esta última cada vez más usual porque reduce el peso del conjunto.

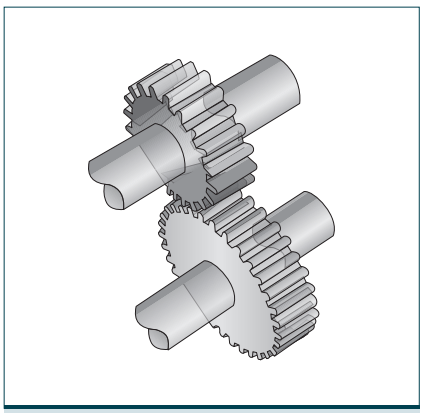
1.3 > Tipos de cajas de cambios

Existen tres tipos de cajas de cambios bien diferenciados en función de si integran el conjunto diferencial:

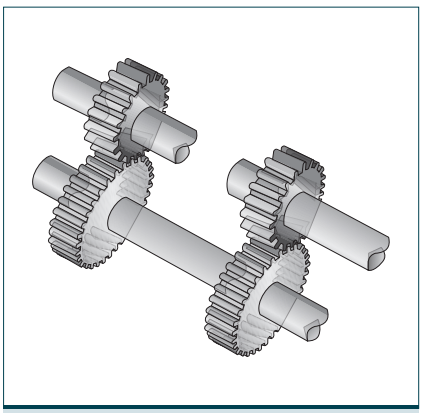
- **Caja de cambios simplificada.** Esta caja de cambios integra el conjunto diferencial. Es la más utilizada en el montaje de vehículos, ya que está diseñada para vehículos cuyo motor y eje de tracción estén en el mismo lugar.
- **Caja de cambios de dos ejes simple.** Esta caja de cambios está diseñada para vehículos cuyo motor y eje de tracción no estén en el mismo lugar, como por ejemplo los vehículos con motor delantero y eje de tracción trasero. Por ello la caja de cambios no integra el sistema diferencial, que se encuentra, sin embargo, en el eje de tracción del vehículo (figura 3.3).
- **Caja de cambios con eje intermediario.** Este tipo de cajas de cambios se compone de tres ejes o árboles: el primario, el secundario y, colocado entre ellos, otro llamado eje intermediario (figura 3.4). Estas cajas suelen utilizarse en composiciones de seis velocidades, que en la actualidad se montan con el objetivo de reducir el consumo de combustible y, con ello, las emisiones contaminantes, debido a que reducen el régimen del motor al disminuir el número de revoluciones.

Piñón intermediario para la marcha atrás

En la marcha atrás se invierte el sentido de giro de salida de la caja de velocidades gracias a un piñón intermediario situado entre ambos piñones.



3.3 Engranaje de ejes simples.



3.4 Engranaje con eje intermediario.

2 >> Funcionamiento de una caja de cambios manual

Una caja de cambios funciona engranando los dos piñones para lograr unas relaciones adecuadas a la potencia del motor, a su peso, a sus neumáticos y a la velocidad máxima deseada.

En una caja de cambios que tenga los piñones constantemente engranados no pueden estar todos fijos a sus ejes, ya que si lo estuvieran no se produciría transmisión de movimiento e incluso se llegaría a la rotura del conjunto. Por lo tanto, los piñones que no intervengan en una relación deben girar libremente; son los llamados **piñones locos.**

Por regla general, todos los piñones correspondientes a uno de los ejes están fijos, mientras que los del otro eje giran libres hasta que se selecciona una velocidad, momento en el que uno de los piñones locos se queda solidario a su eje y se produce la transmisión del par motor.

La fijación de los piñones al eje se consigue mediante unos desplazables unidos a los ejes denominados sincronizadores (figura 3.5). Estos permiten que los piñones igualen sus velocidades y engranen. Con ello la transmisión de movimiento se hace de forma suave.

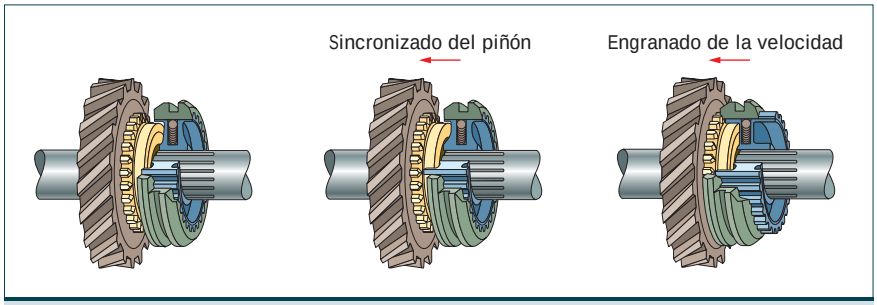
Cada desplazable dispone de una garganta en la que encaja una horquilla unida a una varilla de tipo deslizante (figura 3.6), en uno de cuyos extremos presenta una muesca. Todas estas varillas se prolongan hasta la base de la palanca de cambios para que puedan ser accionadas por el conductor. Al mover la palanca de cambios, la varilla correspondiente se desplaza hacia atrás o adelante, arrastrando el desplazable, que engrana o libera un piñón.

2.1 > Principio de funcionamiento de un sincronizador

El mecanismo de sincronización de las velocidades está dispuesto entre los piñones locos y los desplazables de la caja de cambios (figura 3.7).

El principio de funcionamiento de la sincronización de las velocidades se basa en el aprovechamiento de la fricción entre las superficies cónicas de los elementos para modificar la velocidad de uno de ellos, dado que una de las partes será de tipo macho y la otra de tipo hembra.

Cuando ambas piezas giran igual, el desplazable vence al fijador y se desliza sobre el cubo hasta el piñón, dado que todas las marchas hacia delante suelen estar sincronizadas, salvo la primera de algunos modelos de vehículos.



3.7 Funcionamiento de un sincronizador.

3.5 Sincronizador despiezado.

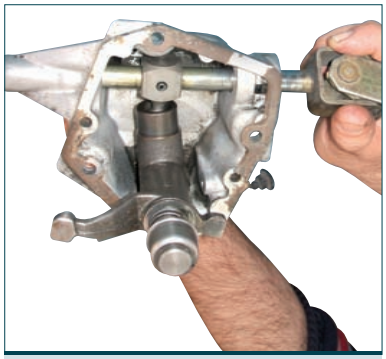
3.6 Sincronizador y horquilla.

Desgaste de los desplazables

Los desplazables en la caja de velocidades son los elementos que más desgastes sufren por la continuas fricciones que existen en las inserciones de las velocidades.

Sincronizador en la caja de cambios

El sincronizador es semejante a un embrague de fricción, ya que al producirse esa fricción entre ambas superficies cónicas se iguala la velocidad del piñón loco con la del conjunto cubo-desplazable. Seguidamente el desplazable continúa deslizándose por el cubo, venciendo la bola fijadora y acoplándose ambos dentados de forma suave.



3.8 Rótula de la palanca de cambios.

2.2 > Mandos de accionamiento de la caja de cambios

Como hemos señalado, en la caja de cambios se encuentran los desplazables con los que se seleccionan las velocidades a través de las horquillas de accionamiento que llevan acopladas y que, a su vez, van sujetas a unas varillas que se mueven impulsadas por la palanca de cambios.

Además existen algunos mecanismos que facilitan el correcto funcionamiento de la selección de velocidades.

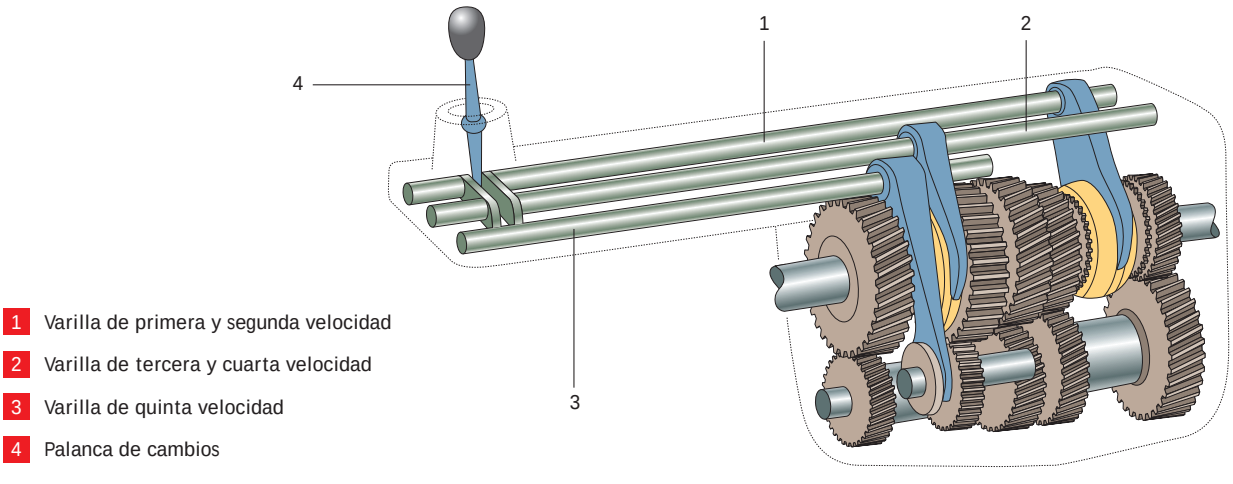
Accionamiento seguro de las velocidades

- **Fijación mediante bolas y muelles.** Una vez seleccionadas las velocidades, para que se mantengan fijas y no se salgan debido a vibraciones del funcionamiento, los desplazables poseen un mecanismo de anclaje a base de bolas de acero y muelles. Estos últimos tienen como objeto presionar las escotaduras mecanizadas en las varillas, manteniéndolas fijas en su soporte por la presión que ejercen los muelles sobre la propia bola de acero. Para poder introducir otra velocidad es necesario volver a desplazar la varilla de mando a su posición original a través de la palanca de cambios accionada por el conductor.
- **Mecanismo en la palanca de cambios.** Si se accionasen dos velocidades a la vez, se destruiría el conjunto de la caja de cambios, puesto que engranar dos piñones que giren a distinta velocidad partiría el eje. La palanca de cambios, para evitarlo, tiene una forma particular que imposibilita esta acción.

Selector de velocidades

La palanca de velocidades, que va instalada en el interior del habitáculo, pivota en una rótula (figura 3.8). Esta rótula se ocupa de permitir el movimiento de la palanca para poner en marcha las varillas que accionan las diferentes velocidades.

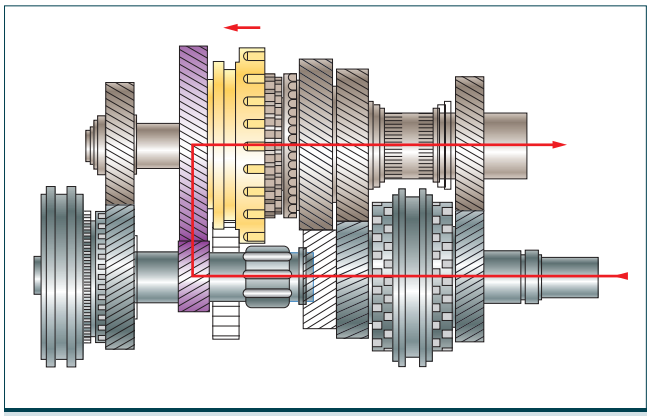
En la mayoría de los vehículos existen tres varillas de accionamiento de las velocidades (figura 3.9).



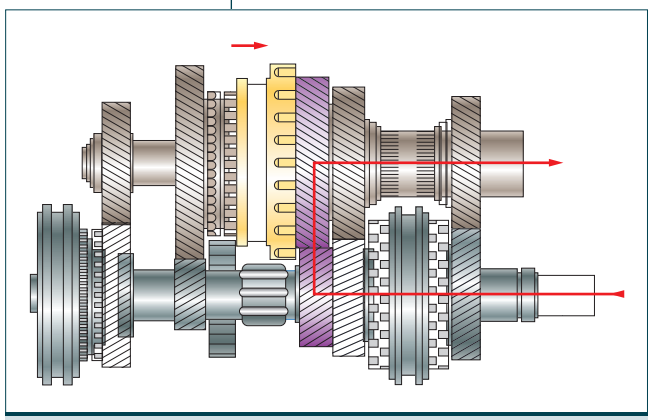
3.9 Esquema del selector de velocidades.

3 >> La cadena cinemática de la transmisión de movimiento

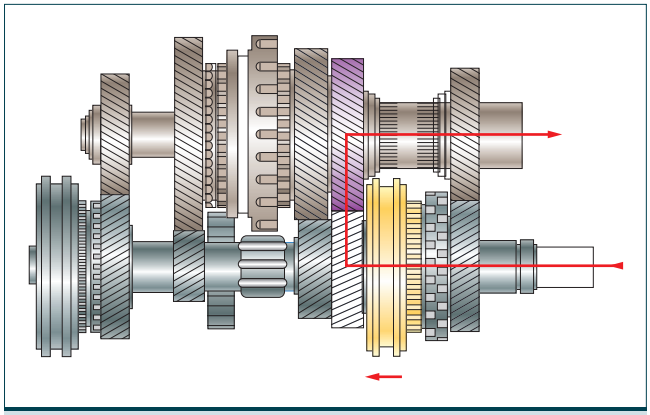
Se le llama cadena cinemática de la transmisión de movimiento al camino que recorre el par motor en función de la velocidad engranada. En las siguientes figuras se muestra el recorrido del movimiento en función de dicha velocidad engranada.



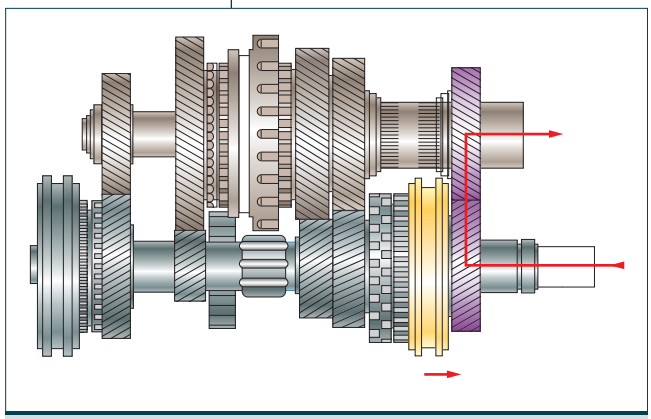
3.10.A Cadena cinemática de la primera velocidad.



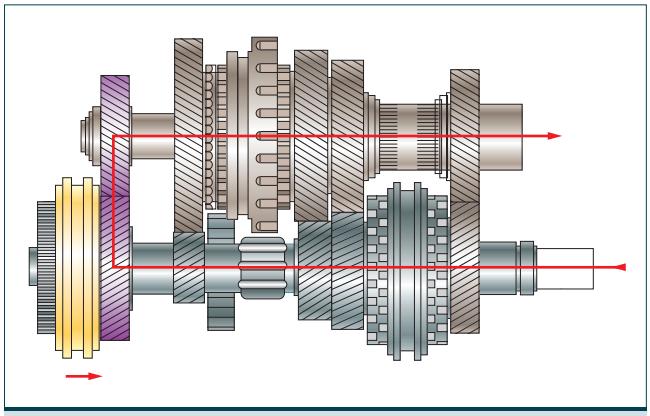
3.10.B Cadena cinemática de la segunda velocidad.



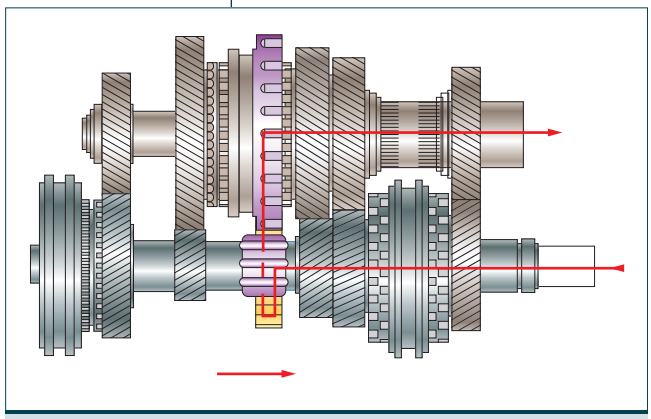
3.10.C Cadena cinemática de la tercera velocidad.



3.10.D Cadena cinemática de la cuarta velocidad.



3.10.E Cadena cinemática de la quinta velocidad.



3.10.F Cadena cinemática de la marcha atrás.

3.11 Retén.

Calidad del aceite de la caja de cambios

La nomenclatura utilizada para indicar la calidad del aceite de la caja de cambios es la siguiente:

- GL1 a GL3: aceite de muy baja calidad; no utilizado en la actualidad.
- GL4: aceite de calidad intermedia; utilizado en los vehículos normales.
- GL5: aceite de alta calidad; utilizado para las cajas de cambios de vehículos deportivos o industriales.

4 >> La lubricación de la caja de cambios

El rodar de los engranajes de la caja de cambios requiere una buena y efectiva lubricación que atenúe el gran desgaste que se produce en los dentados de los piñones.

El engrase del conjunto de la caja de cambios se realiza por medio del aceite contenido en su interior, el cual debe alcanzar el nivel considerado correcto. Dicho nivel está señalado, aproximadamente, por el tornillo de llenado.

Una caja de cambios no dispone de sistema de lubricación, con lo cual el engrase se realiza por barboteo, es decir, el aceite llega a todas las partes de la caja de cambios gracias al movimiento que realizan los piñones durante su funcionamiento. Así, las partículas de aceite se elevan creando una especie de neblina en el interior de la caja de cambios.

Para evitar que el aceite pueda salir al exterior de la caja de cambios, la unión de las distintas piezas con la carcasa debe ser estanca, lo que se logra con la interposición de juntas y retenes en el conjunto:

– Los retenes (figura 3.11) van ubicados en el eje primario de la caja de cambios y en las transmisiones a las ruedas.
– Las juntas, por otro lado, se interponen en la unión de la caja de cambios con la campana envoltura, elemento de unión con el motor, y la tapa de la quinta velocidad.

Para crear las juntas de estanqueidad se utiliza pasta selladora. Al aplicarla, hay que tener la precaución de saber el tiempo de secado de la misma y evitar que sobresalga de la junta. Por tanto es conveniente que, una vez seca, se recorte con un cúter.

>> Casos prácticos

Sustitución del aceite de la caja de cambios

•• Realiza correctamente la sustitución del aceite de la caja de cambios.

Solución ••

Para llevar a cabo la sustitución del aceite de la caja de cambios, seguimos los siguientes pasos:

1. Localizamos el tapón de vaciado, que tendremos que buscar en la zona más baja de la caja de cambios.
2. Localizamos el tapón de llenado, que se encuentra en la parte media de la caja de cambios.
3. Aflojamos primero el tapón de llenado y luego el tapón de vaciado, ya que de esa forma se evitará la formación de bolsas de aire que dificulten la salida del aceite usado. Es recomendable realizar esta operación con el aceite caliente, ya que, de no ser así, tendremos que esperar más tiempo a que este se evacue.
4. Sustituimos las juntas tóricas de los tapones, tanto del de llenado como del de vaciado, para asegurarnos de que posteriormente el conjunto no perderá aceite.
5. Entonces apretamos el tapón de vaciado, llenamos la caja de cambios con una jeringuilla por el tapón de llenado hasta que rebose, esperamos a que se estabilice la salida del líquido y apretamos el tapón de llenado correctamente.

4.1 > El aceite lubricante

Los lubricantes líquidos se llaman aceites (figura 3.12). Un aceite lubricante se compone de dos elementos básicos:

- Un **aceite base,** que le confiere las características lubricantes básicas.
- Una serie de **aditivos,** que son sustancias químicas que se incorporan al aceite para modificar y mejorar sus propiedades, como:
  - Aditivos que mejoran el índice de viscosidad a temperaturas bajas y que evitan la congelación del lubricante. Las viscosidades utilizadas en la caja de cambios suelen ser 75W80 ó 80W90.
  - Aditivos que mejoran el comportamiento del lubricante en situaciones límite.
  - Aditivos antidesgaste, antioxidantes y antiespumantes.

Algunas características que debe presentar el aceite lubricante son:

- **Estabilidad química y térmica:** esta propiedad hace que el aceite se resista a descomponerse formando lacas que se solidifican en forma de depósitos sólidos y compuestos corrosivos que reaccionan con el oxígeno, pudiendo atacar a los metales de la caja de cambios.
- **Untuosidad:** es la capacidad que tiene el aceite de adherirse a las superficies metálicas, la cual asegura la correcta lubricación en cualquier condición meteorológica.

Las principales misiones del lubricante en una caja de cambios son:

- Reducir los rozamientos que se crean por el contacto continuo de los piñones.
- Reducir el desgaste creando una capa de aceite que impide el contacto directo entre las piezas que interaccionan.
- Refrigerar todos los elementos internos de los que dispone la caja.

3.12 Aceite lubricante.

V Vocabulario

Viscosidad de un aceite: es la resistencia al movimiento que presenta un fluido por el rozamiento interno de sus moléculas. Los aceites aumentan su viscosidad a medida que disminuye su temperatura.

Técnica

Limpieza del tapón de vaciado de la caja de cambios

•• El tapón de vaciado está dotado de un pequeño imán que tiene la misión de retener las partículas metálicas del aceite que se encuentra en suspensión. Estas partículas provienen del desgaste por el funcionamiento de los sincronizadores y del rozamiento existente entre los piñones.

Por lo tanto se recomienda observar la cantidad de viruta metálica que presenta el tapón de vaciado durante la sustitución de la valvulina de la caja de cambios y, una vez observada, proceder a la limpieza de dicho tapón con un paño (figura 3.13).

3.13 Limpieza del tornillo de vaciado.

5 >> Dispositivos integrados en la caja de cambios

5.1 > Sensores de velocidad del vehículo

Los sensores de la velocidad del vehículo informan a la unidad de control para que calcule la velocidad y esta se indique en el velocímetro del cuadro de instrumentos.

Este sistema consta de una rueda fónica y un sensor de tipo inductivo que entrega una señal alterna al paso constante de los dientes de dicha rueda fónica. A continuación, la propia unidad de control transforma esa señal alterna en digital para que la puedan utilizar los distintos aparatos electrónicos.

El sensor inductivo va instalado en el eje de salida de alguno de los dos palieres o transmisiones del eje de tracción. El sensor tiene dos cables de alimentación: uno de entrada procedente de la unidad electrónica del motor (positivo) y otro de salida (negativo), que proporcionará una señal alterna de trabajo.

Velocímetros antiguos

En los vehículos más antiguos, la velocidad se medía gracias a la inserción de un cable rotatorio que iba desde el diferencial hasta el velocímetro del cuadro de instrumentos.

Este cable poseía un piñón en uno de sus extremos, normalmente de material plástico, que engranaba en una corona que se encontraba en el grupo diferencial.

5.2 > Interruptor de marcha atrás

Todos los vehículos van dotados obligatoriamente de las luces de marcha atrás, situadas en la parte posterior del coche, para indicar la maniobra a otros conductores. Los interruptores de marcha atrás pueden ir instalados en la palanca de cambios o enroscados en la propia caja de cambios. Estos interruptores se accionan a través de los elementos de mando de la caja de cambios, que, cuando se introduce una velocidad, cierran el circuito eléctrico que enciende la luz.

Para determinar el correcto comportamiento de este interruptor, se debe comprobar la continuidad del sensor en la posición cerrada del interruptor y medir con el voltímetro si el sistema que alimenta al interruptor tiene una tensión de 12 voltios nominales.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Cuáles son los elementos que forman los sensores de velocidad integrados en la caja de cambios?

2·· ¿Qué voltaje tiene que marcar el voltímetro para asegurarnos el correcto funcionamiento del interruptor de marcha atrás?

6 >> Cálculo de las relaciones de transmisión

La relación de transmisión (R_t) indica el número de vueltas que da el piñón conductor por cada vuelta del piñón conducido.

Para estudiar las relaciones de transmisión de las cajas de cambios también se suele utilizar la inversa de este valor ($1/R_t$), la cual indica el número de vueltas que salen de la caja de cambios por cada vuelta que realiza el motor.

Según estos valores, podemos clasificar las diferentes marchas de la caja de cambios de la siguiente forma:

- **Marchas cortas:** que entregan menos vueltas al diferencial de las que reciben del motor de combustión. Por ejemplo, cuando una vuelta de motor entrega 0,66 vueltas al diferencial.
- **Marchas largas:** que entregan más vueltas al conjunto diferencial de las que reciben del motor de combustión. Por ejemplo, cuando una vuelta de motor entrega 1,15 vueltas al diferencial. Dentro de las marchas largas nos encontramos con las siguientes:
  - **Marchas directas:** entregan prácticamente el mismo número de vueltas al diferencial de las que reciben del motor de combustión. Por ejemplo, cuando una vuelta de motor entrega 0,98 vueltas al diferencial. La cuarta velocidad suele ser la directa.
  - **Marchas superdirectas:** entregan más revoluciones al conjunto diferencial de las que reciben del motor de combustión. Dentro de estas velocidades se encuentran la quinta y la sexta. Estas velocidades, fundamentalmente la quinta, se utilizan cada vez más para cumplir las normativas anticontaminantes, debido a que reducen el régimen de revoluciones y así se disminuye el consumo y la emisión de gases.

El cálculo de las relaciones de transmisión depende de la tipología de la caja de cambios, según se integre el grupo diferencial o no en el mismo eje de tracción.

Diferencial

El sistema diferencial es el encargado de distribuir el movimiento que le llega a través de la caja de cambios a las ruedas, con el objetivo de adaptar el recorrido de las ruedas motrices a cada situación.

En la unidad 8 estudiarás en profundidad estos sistemas.

Técnica

Contar los dientes de los piñones

•• Para contar los dientes de los piñones de una caja de cambios manual seguiremos el siguiente proceso:

1. Marcamos un diente del piñón con un rotulador permanente (figura 3.14).
2. Contamos los dientes empezando por el que hemos marcado.
3. Repetimos este procedimiento en cada pareja de piñones para calcular la relación de transmisión.

3.14 Método para contar los dientes del piñón.

6.1 > Relación de transmisión en cajas de cambios sin diferencial

La relación de transmisión en las cajas de cambios sin diferencial se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_t = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Z_1 = Número de dientes del piñón conducido

Z_2 = Número de dientes del piñón conductor

En este caso la caja de cambios no integra el conjunto diferencial, por lo tanto, la relación de transmisión obtenida no es la final sino que cambiará cuando pase por dicho conjunto diferencial.

>> Casos prácticos

Cálculo de la relación de transmisión en una caja sin grupo diferencial

•• Calcula las relaciones de transmisión de las velocidades de la caja de cambios sin diferencial que posee los piñones indicados en la siguiente tabla:

Velocidad	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	M. atrás
Dientes del piñón conducido (Z_1)	39	33	31	27	25	37
Dientes del piñón conductor (Z_2)	11	15	19	25	29	13

Solución ••

Para calcular las relaciones de marchas de la caja de cambios que se piden, utilizamos la fórmula:

- Primera velocidad: $R_t = \frac{39}{11} = 3{,}55$
- Segunda velocidad: $R_t = \frac{33}{15} = 2{,}2$
- Tercera velocidad: $R_t = \frac{31}{19} = 1{,}63$
- Cuarta velocidad: $R_t = \frac{27}{25} = 1{,}08$
- Quinta velocidad: $R_t = \frac{25}{29} = 0{,}86$
- Marcha atrás: $R_t = \frac{37}{13} = 2{,}85$

Dividimos 1 entre cada relación de transmisión para calcular las vueltas que transmite cada velocidad al grupo diferencial por cada vuelta del motor:

- Primera velocidad: $\frac{1}{3{,}55} = 0{,}28$
- Segunda velocidad: $\frac{1}{2{,}2} = 0{,}45$
- Tercera velocidad: $\frac{1}{1{,}63} = 1{,}59$
- Cuarta velocidad: $\frac{1}{1{,}08} = 0{,}93$
- Quinta velocidad: $\frac{1}{0{,}86} = 1{,}16$
- Marcha atrás: $\frac{1}{2{,}85} = 0{,}35$

6.2 > Relación de transmisión en cajas de cambios simplificadas

La relación de transferencia en cajas de cambios simplificadas se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_t = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$$

Z_1 = N° de dientes del piñón conducido
Z_2 = N° de dientes del piñón conductor
Z_3 = N° de dientes de la corona del diferencial
Z_4 = N° de dientes del piñón de ataque diferencial

En el caso de las cajas de cambios simplificadas, se calcula directamente la relación de transmisión final a las ruedas, ya que se añade la relación de transmisión del diferencial.

>> Casos prácticos

Cálculo de la relación de transmisión en una caja simplificada

•• Calcula las relaciones de transmisión de las velocidades de una caja de cambios simplificada cuyos piñones poseen los dientes indicados en la siguiente tabla y que tiene un grupo diferencial con un piñón de ataque de 15 dientes (Z_3) y una corona de 57 (Z_4):

Velocidad	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	M. atrás
Dientes del piñón conducido (Z_1)	41	35	31	25	23	39
Dientes del piñón conductor (Z_2)	11	15	21	25	29	13
Z_3/Z_4	57/15	57/15	57/15	57/15	57/15	57/15

Solución ••

Para calcular las relaciones de marchas de la caja de cambios que se piden, utilizamos la fórmula correspondiente:

- Primera velocidad: $R_t = \frac{41}{11} \cdot \frac{57}{15} = 14{,}16$
- Segunda velocidad: $R_t = \frac{35}{15} \cdot \frac{57}{15} = 8{,}87$
- Tercera velocidad: $R_t = \frac{31}{21} \cdot \frac{57}{15} = 5{,}6$
- Cuarta velocidad: $R_t = \frac{25}{25} \cdot \frac{57}{15} = 3{,}8$
- Quinta velocidad: $R_t = \frac{23}{29} \cdot \frac{57}{15} = 3{,}01$
- Marcha atrás: $R_t = \frac{39}{13} \cdot \frac{57}{15} = 11{,}4$

Dividimos 1 entre cada relación de transmisión para calcular las vueltas que transmite cada velocidad al grupo diferencial por cada vuelta del motor. Así obtenemos:

- Primera velocidad: 0,07
- Segunda velocidad: 0,11
- Tercera velocidad: 0,18
- Cuarta velocidad: 0,26
- Quinta velocidad: 0,33
- Marcha atrás: 0,09

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuál es la misión de la caja de cambios?

2·· ¿Por qué los piñones de una caja de cambios manual son de tipo helicoidal?

3·· ¿Cuántos tipos de cajas de cambios conoces?

4·· Para evitar que las marchas puedan desengranarse una vez seleccionadas por el conductor, debido a las vibraciones durante el funcionamiento, y hacer que permanezcan fijas en el lugar seleccionado, ¿qué elementos se utilizan?

5·· Indica cómo se realiza el engrase de las cajas de cambios manuales y cómo se denomina a este tipo de lubricación.

6·· ¿Qué tipos de aditivos se emplean en el aceite de las cajas de velocidades?

7·· ¿Cuándo decimos que una marcha es directa? ¿Y cuándo superdirecta? Pon un ejemplo de cada una de estas marchas.

8·· ¿Qué expresión matemática se emplea para hallar la relación de transmisión que desarrolla una determinada marcha?

9·· ¿Cómo se mide la velocidad en los vehículos actuales?

.: APLICACIÓN :.

1·· Calcula las revoluciones que se transmiten al diferencial por cada vuelta de motor en una caja de cambios sin diferencial que tiene los siguientes dientes:

Velocidad	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Marcha atrás
Dientes del piñón conducido	41	32	30	25	20	38
Dientes del piñón conductor	10	13	23	28	31	13

2·· Halla las relaciones de transmisión de la caja de cambios que utilices en las prácticas de taller. Recuerda que si es una caja de cambios de tipo simplificado tendrás que tener en cuenta la relación de transmisión del conjunto diferencial.

3·· Realiza un cambio del aceite de la caja de cambios y observa si existen fugas del mismo por los retenes o por las juntas de estanqueidad de la propia caja de cambios.

Caso final

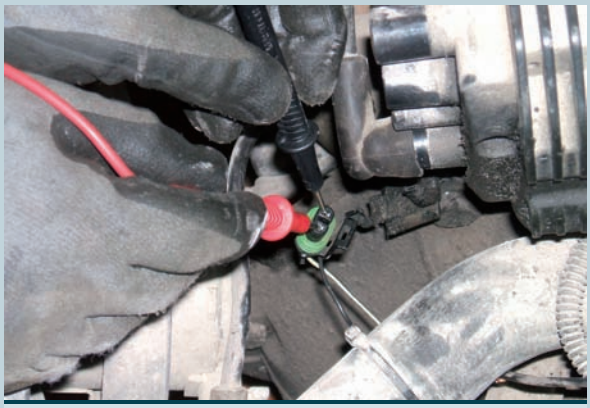
Revisión del funcionamiento de la luz de marcha atrás

•• Llega al taller un vehículo al que no le funciona la luz de la marcha atrás. ¿Qué pasos deben seguirse para reparar esta avería?

Solución ••

Lo que tenemos que hacer es verificar el estado del interruptor y del circuito eléctrico de la luz de marcha atrás. Para realizar esta verificación seguimos los siguientes pasos:

1. Observamos el estado de la lámpara. No es correcto verificarla únicamente de forma visual, sino que se debe comprobar con el ohmímetro, si el filamento no estuviese cortado. En caso de que estuviera cortado, se debería sustituir la lámpara.
2. Verificamos la tensión de llegada al interruptor con un voltímetro, que se sitúa entre el cable positivo y una masa de motor (figura 3.15). La tensión de llegada, con el contacto puesto, debe ser la tensión de batería. En caso contrario, revisaremos la instalación eléctrica.



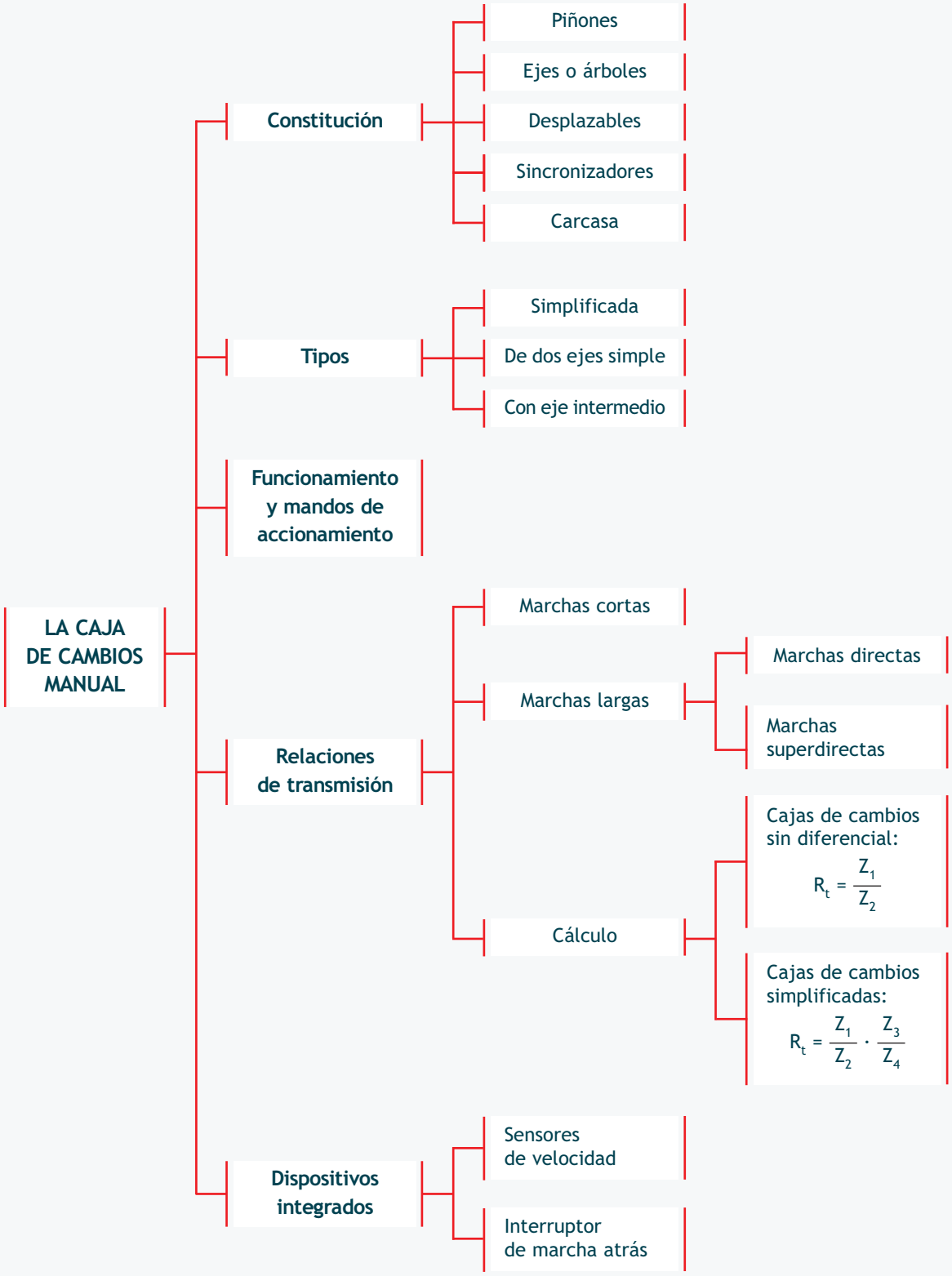
3.15 Verificación de la tensión de llegada del interruptor de marcha atrás.

3. Desmontamos el interruptor de marcha atrás (figura 3.16).
4. Verificamos el estado del interruptor de marcha atrás. Deberemos realizar la comprobación con un ohmímetro situado entre sus dos contactos, presionando el extremo del interruptor (figura 3.17). Al presionar debe haber continuidad; si no existiera, se procederá a la sustitución del interruptor.

3.16 Interruptor de marcha atrás desmontado.

3.17 Comprobación de los contactos del interruptor de marcha atrás con el ohmímetro.

Ideas clave


LA CAJA DE CAMBIOS MANUAL
Constitución
Piñones
Ejes o árboles
Desplazables
Sincronizadores
Carcasa
Tipos
Simplificada
De dos ejes simple
Con eje intermedio
Funcionamiento y mandos de accionamiento
Relaciones de transmisión
Marchas cortas
Marchas largas
Marchas directas
Marchas superdirectas
Cálculo
Cajas de cambios sin diferencial:
$R_t = \frac{Z_1}{Z_2}$
Cajas de cambios simplificadas:
$R_t = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$
Dispositivos integrados
Sensores de velocidad
Interruptor de marcha atrás

¿QUÉ REPRESENTA EL ANAGRAMA DE CITROËN?

El anagrama de la firma automovilística de origen francés Citroën proviene de un invento del fundador de la propia firma, Andre Citroën (1878-1935). Representa los piñones de la caja de velocidades de doble vértice, también conocidos como doble Chevron creados por él. Estos piñones supusieron una revolución de la época, ya que las primeras cajas de cambios manuales utilizaban los piñones de dentado recto. Los de doble vértice proporcionaban una mayor suavidad en el funcionamiento, menor ruido y fiabilidad frente a la rotura de sus dientes, puesto que el esfuerzo soportado por el piñón se repartía en más superficie que en un piñón de dentado recto.

Obviamente, con la introducción de los piñones helicoidales, estos se dejaron de montar en los vehículos de la firma Citroën, pero fue esta marca de automóviles, la primera en emplear este tipo de piñones en sus cajas de velocidades.

HISTORIA DE CITROËN

La marca de automóviles inició su fabricación en el año 1908, y desde entonces hasta la actualidad Citroën se ha caracterizado por la innovación en sus vehículos. En 1934 presentó el primer vehículo equipado con tracción delantera. Las grandes inversiones utilizadas para el avance produjeron la primera quiebra de la historia de la marca automovilística, que la llevó a ser comprada por la firma, también de origen francés, MICHELIN. Podemos decir que los años de gloria de Citroën fueron en los 50, 60 y principios de los 70, cuando productos revolucionarios de la época como el 2 caballos o el equipamiento revolucionario que presentaban sus vehículos equipaban hicieron la fabricación y venta de un gran número de automóviles. Citroën pasó en los años 60 a absorber varias marcas automovilísticas declaradas en quiebra, hasta que en 1976, debido a problemas económicos, se vio obligada a ser comprada por la marca Peugeot. En la actualidad Peugeot y Citroën son dos marcas bien diferenciadas en el mercado, sin embargo comparten motores, chasis y tecnología aplicadas al automóvil, además de constituir ambas el grupo PSA.

unidad 4

Mantenimiento de la caja de cambios manual

SUMARIO

- Averías más frecuentes en la caja de cambios manual
- Comprobaciones en la caja de cambios manual

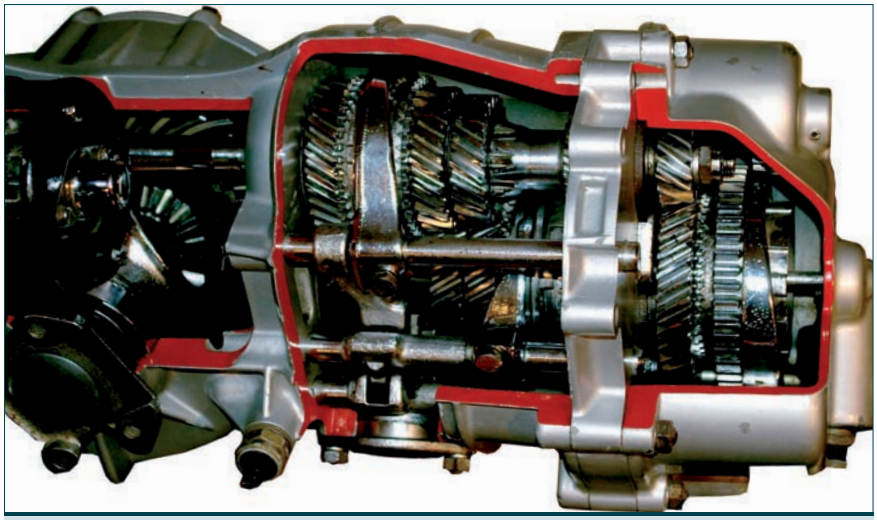
OBJETIVOS

- Saber realizar las verificaciones necesarias en las cajas de cambios manuales en caso de avería.

1 >> Averías más frecuentes en la caja de cambios manual

Los defectos o anomalías más frecuentes en las cajas de cambios de tipo manual pueden clasificarse según sus consecuencias en:

- **Ruidos extraños.** Sus causas son:
  - Engranajes helicoidales desgastados o rotura de uno o más dientes.
  - Holgura en los rodamientos de apoyo de ambos árboles.
  - Desalineación de alguno de los árboles.
  - Residuos metálicos en el interior de la caja de cambios procedentes del desgaste excesivo de piñones o sincronizadores.
  - Falta de nivel de aceite.
- **Dureza en la selección de las velocidades.** Sus causas son:
  - Endurecimiento de las varillas desplazables a causa de depósitos sólidos o suciedad existente en el aceite.
  - Rotura de los muelles de enclavamiento del sincronizador.
  - Regulación y estado defectuosos del sistema de embrague.
- **Desengranaje de las velocidades.** Sus causas son:
  - Desgaste prematuro o rotura de los muelles fijadores de los desplazables.
  - Pérdida del coeficiente de elasticidad de los muelles.
- **Rascado de velocidades.** Sus causas son:
  - Desgaste del sincronizador correspondiente a la velocidad seleccionada.
  - Desgaste o mal estado del embrague.
- **Pérdida de aceite.** Sus causas son:
  - Excesivo nivel de aceite, por encima del tornillo de llenado, lo que produce una sobrepresión en el interior de la caja de cambios que rezuma por el tubo de respiración.
  - Juntas o retenes de los palieres de transmisión en mal estado.
- **Holgura en la palanca de accionamiento.** Sus causas son:
  - Holgura en el varillaje o en los mandos de accionamiento.
  - Desgaste de las horquillas, por el accionamiento y funcionamiento continuado de la caja de cambios.



4.1 Caja de cambios manual.

V Vocabulario

Desalineación de un árbol: ladeo que presenta el árbol debido a que ha sido sometido a sobreesfuerzos de trabajo continuados.

P Práctica 4

Técnica

Desmontaje completo de una caja de cambios

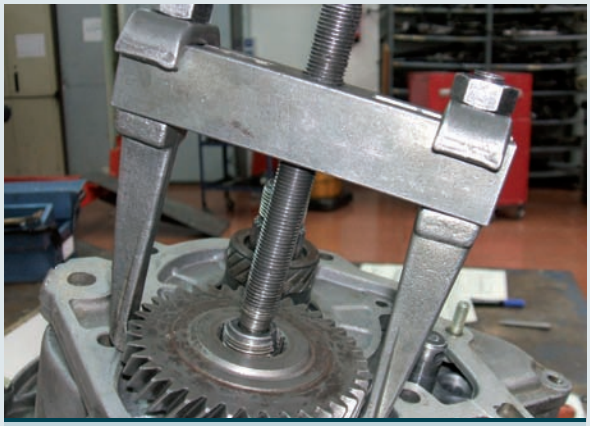
•• Vamos a tomar como referencia una caja de cambios manual de cinco velocidades, cuyo desmontaje es sensiblemente diferente dada la localización de la quinta velocidad, que está en un semicárter exterior.

Antes de comenzar a desmontar la caja de cambios debemos extraerla y vaciarla de aceite.

Una vez extraída la caja de cambios, comenzamos con su desmontaje:

1. Desmontamos la tapa de la quinta velocidad aflojando los tornillos que la sujetan (figura 4.2).
2. Aflojamos los tornillos de sujeción de los piñones de la quinta velocidad, quitamos la horquilla de accionamiento y extraemos dichos piñones. Para realizar este proceso necesitaremos la ayuda de un extractor de dos o tres patas (figura 4.3).
3. Quitamos los tornillos de la carcasa de la caja de cambios y la extraemos.
4. Extraemos los árboles primario y secundario.
5. En el árbol secundario desmontamos los piñones y los sincronizadores. Es recomendable marcar con un rotulador permanente la posición de los mismos en la caja de cambios para que luego no haya lugar a equivocación en su montaje.

4.2 Aflojado de la tapa de la quinta velocidad.



4.3 Extracción de los piñones de la quinta velocidad con el extractor.

El montaje de la caja de cambios se realiza de forma inversa al desmontaje. Es aconsejable montar los elementos añadiéndoles aceite para facilitar la operación.

En el montaje es muy importante apretar los tornillos de la caja de cambios con la llave dinamométrica ajustada con los valores indicados en el manual de reparación del vehículo (figura 4.4).

4.4 Montaje de la carcasa de la caja de cambios.

2 >> Comprobaciones en la caja de cambios manual

Es muy importante realizar diversos tipos de comprobaciones en las cajas de cambios manuales para llegar a conclusiones sobre el estado de sus componentes, y proceder así a las reparaciones que sean necesarias para su correcto mantenimiento.

2.1 > Comprobación del estado de la carcasa de la caja de cambios

En esta comprobación se analiza visualmente que no existan grietas o deformaciones en la carcasa debidas a algún impacto, lo cual podría provocar pérdidas de aceite considerables que causarían una avería en el conjunto de la caja.

En caso de que se hallen grietas o deformaciones se procederá a la sustitución de la carcasa de la caja de cambios.

2.2 > Comprobación del alojamiento de la caja de cambios

En este tipo de comprobaciones se realiza una observación del estado del alojamiento de los rodamientos de apoyo de la caja de cambios sobre la carcasa del conjunto para verificar que no exista ningún tipo de desgaste (figura 4.5).

Esta comprobación está adquiriendo mucha importancia, ya que es cada vez más frecuente encontrar carcasas fabricadas con aluminio, un material muy blando que puede dar lugar a deformaciones, ralladuras o rebabas que generan ruido en el funcionamiento del conjunto. Para solucionar estos problemas se debe proceder a la sustitución de la carcasa de la caja de cambios.

2.3 > Comprobación de la holgura de los cojinetes de apoyo de los árboles

Para comprobar la holgura de los cojinetes de apoyo de los árboles primario y secundario se utiliza un reloj comparador.

Se sujeta el árbol con un tornillo de banco, con el cojinete que se quiera comprobar instalado. A continuación, se coloca el palpador del reloj comparador sobre dicho cojinete y se pone a cero. La comprobación se realiza girando el cojinete y observando las medidas del reloj (figura 4.6).

La holgura debe estar comprendida entre 0,03 y 0,06 mm. Si fuese superior, se efectuaría la sustitución de los cojinetes de la caja de cambios.

2.4 > Comprobación visual del estado de los dientes del piñón

El mal estado de los dientes de los piñones puede provocar ruidos en la marcha del vehículo. Para realizar la comprobación verificaremos que los dientes no tengan deformaciones en toda su longitud ni se encuentren fuertemente marcados debido a una falta importante de lubricación o a la rotura de uno o varios de ellos. Además, se debe comprobar que no existen grietas en los piñones.

V Vocabulario

Medidas nominales: son las dimensiones iniciales de un elemento. Son también conocidas como medidas constructivas. Las tolerancias se emplean sobre estas.

Tolerancia: es el límite de desgaste de un elemento mecánico indicado por el fabricante. Sobrepasada esta tolerancia, se sustituye el elemento.

4.5 Rodamientos de apoyo de la carcasa.

4.6 Comprobación de la holgura radial alojado el árbol en el cojinete.

V Vocabulario

Muñequillas del árbol secundario: espacio del árbol donde se ubica el piñón. Hay tantas como piñones tenga el secundario.

4.7 Medición de la muñequilla del árbol secundario.

2.5 > Comprobación de la medida de las muñequillas del árbol secundario

Esta comprobación se realiza con un micrómetro (figura 4.7) que se utiliza para verificar que las medidas de las distintas muñequillas del árbol secundario se corresponden con las que indica el manual de reparación. Para ello, se deberá tener en cuenta la medida nominal y si la medición de la muñequilla se encuentra en la zona de tolerancia.

En caso de que las medidas obtenidas no se ajusten a las condiciones del fabricante, se procederá al cambio del árbol secundario.

2.6 > Comprobación del descentrado máximo del árbol secundario

Si el descentrado del árbol secundario supera el máximo surgen vibraciones o dificultades al engranar las velocidades. La medición de este descentrado se realiza con un reloj comparador y con un banco dotado de rodillos que permita el movimiento de dicho árbol sin esfuerzos.

Para comenzar la comprobación se coloca el reloj comparador sobre el tornillo de banco, con su palpador en el árbol secundario, y se pone a cero. A continuación se da una vuelta completa al eje para que el reloj nos indique las diferencias, que serán el descentrado.

Para determinar el descentrado del eje resulta aconsejable realizar tres mediciones, una en el centro del mismo y las otras dos en cada uno de los extremos.

El máximo descentrado que debe presentar un árbol secundario estará especificado en el manual de reparación del fabricante del vehículo. Si la medición es superior a la indicada, se procederá a la sustitución completa del mismo.

>> Casos prácticos

Comprobación de la medida de las muñequillas del árbol secundario

•• Comprueba la medida de las muñequillas del árbol secundario con los siguientes datos proporcionados por el fabricante:

- Medida nominal = 25,58 mm
- Tolerancia máxima = 0,06 mm

Solución ••

Calculando la resta de ambas medidas conoceremos el valor mínimo de medición:

$$25{,}58 - 0{,}06 = 25{,}52 \text{ mm}$$

Realizamos las mediciones como se indica en la teoría y comprobamos que sean mayores que el valor mínimo de medición. En caso de que sean menores habría que cambiar el árbol secundario.

2.7 > Comprobación del estado de las horquillas de accionamiento

Si las horquillas de mando presentan holgura por su excesivo desgaste o si dicha holgura se da en las hendiduras que lleva practicadas el mecanismo sincronizador que se monta con las horquillas de mando, se apreciará holgura en la palanca de cambios.

Para realizar la comprobación se observa el estado de las horquillas de accionamiento (figura 4.8), verificando que no presenten golpes, deformaciones, fisuras ni desgastes. En caso de que su estado no sea el correcto, se procederá a la sustitución de los componentes.

2.8 > Comprobación de la holgura de montaje entre árbol y piñón

Una holgura excesiva entre un piñón y el árbol dónde se monta puede producir vibraciones o ruido en el funcionamiento de la caja de cambios.

Para realizar esta comprobación se monta el piñón sobre el árbol, se coloca el palpador de un reloj comparador en contacto con él y se realizan movimientos cogiendo este piñón con la mano. El resultado de la medición de la holgura no debe ser superior a 0,03 mm; en caso contrario se procederá a la sustitución del piñón.

2.9 > Comprobación de deformaciones en la varillas de mando

Una deformación en una de las varillas de mando puede provocar un endurecimiento a la hora de realizar el engranaje de las velocidades que dicha varilla accione.

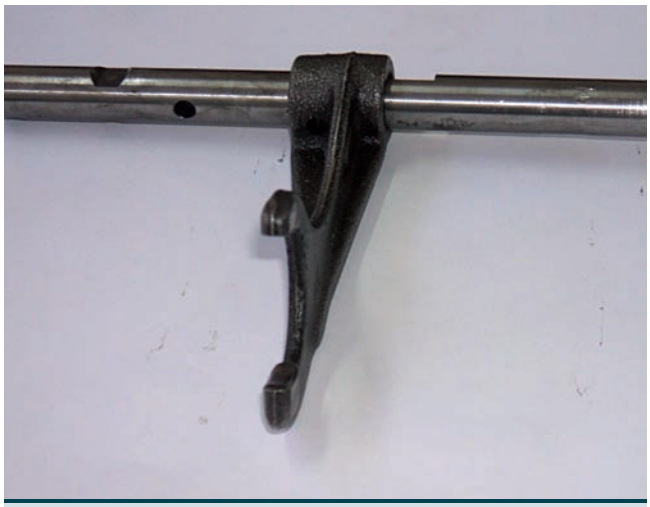
Para comprobar si existen deformaciones, se coloca la varilla en un mármol perfectamente plano. Entre ambos elementos se intenta insertar una galga de 0,1 mm. Si se consigue insertar la galga, quiere decir que la varilla presenta deformaciones y habrá que sustituirla (figura 4.9).

Esta operación deberá llevarse a cabo a lo largo de toda la varilla.

Herramientas más utilizadas para el mantenimiento de la caja de cambios

Los útiles de medición para realizar las comprobaciones en la caja de cambios manual son:

- El calibre
- Las galgas de espesores
- El micrómetro
- El reloj comparador con su base magnética



4.8 Horquilla de accionamiento de una caja de cambios manual.

4.9 Comprobación de la deformación de la varilla de mando.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Enumera las averías que podrían causar ruidos extraños en la caja de cambios.

2·· ¿Qué motivos pueden provocar dureza en la selección de las velocidades?

3·· Indica qué averías pueden dar lugar al desengranado de las velocidades.

4·· ¿Cómo se comprueba la posible desalineación de un árbol secundario y qué aparato de medición se utiliza en el proceso?

5·· ¿Cómo comprobarías las muñequillas del árbol secundario?

6·· Explica el proceso de comprobación de la holgura piñón-árbol de un árbol secundario.

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza la prueba del estado de una llave dinamométrica. Para ello, aprieta un tornillo instalado por el fabricante con la llave dinamométrica ajustada al par de apriete indicado por dicho fabricante en el manual de reparación. Si la llave sigue apretando, querrá decir que puede estar mal calibrada, con lo que se deberá llamar al servicio técnico para que la revise.

4.10 Regulación del par de apriete de la llave dinamométrica.

2·· Realiza el apriete de la tornillería en el montaje de una caja de cambios con la llave dinamométrica según los datos del fabricante.

4.11 Apriete de los tornillos de la caja de cambios con la llave dinamométrica.

Caso final

Comprobación del descentrado de un árbol secundario

•• Comprueba el descentrado máximo existente en el árbol secundario de una caja de cambios de accionamiento manual que tengas en el taller.

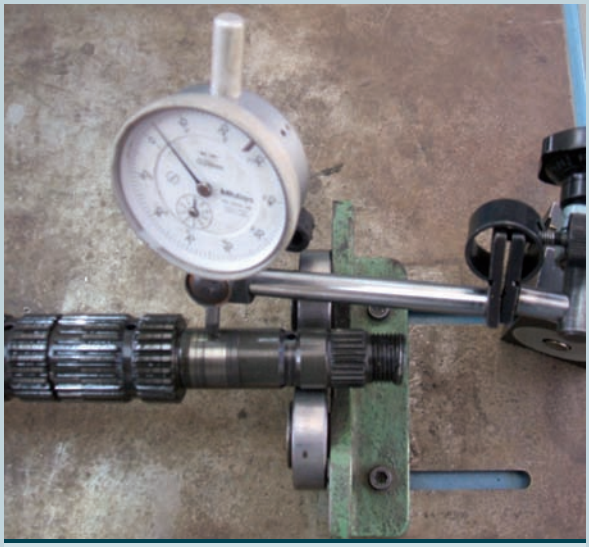
Solución ••

Para realizar la comprobación necesitaremos un banco de rodillos que permita girar el árbol sin dificultad. Llevaremos a cabo la comprobación mediante los siguientes pasos:

1. Desmontamos todos los piñones del árbol secundario (figura 4.12). Una vez hecho esto, procedemos a la verificación.
2. Colocamos el árbol secundario sobre el banco de rodillos. Este banco es regulable según las dimensiones del árbol (figura 4.13).
3. Colocamos la base magnética y el reloj comparador en su ubicación del soporte y acercamos el palpador hasta que haga contacto con el árbol secundario.
4. Ponemos el reloj comparador a cero y realizamos lentamente una vuelta completa del árbol, observando las mediciones que indica el reloj comparador para compararlas después con la tolerancia que indica el fabricante en su manual de reparación (figura 4.14).

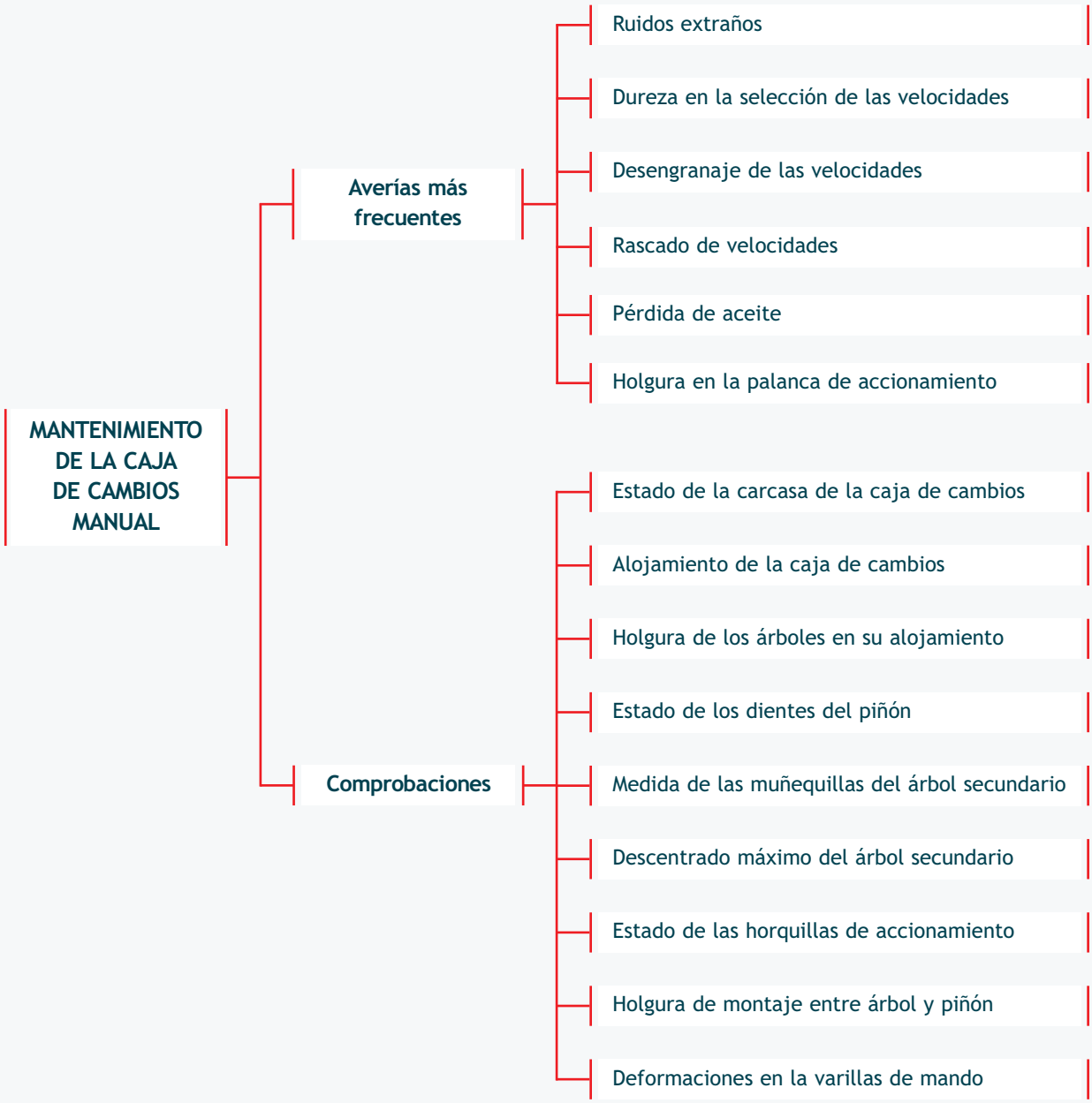
4.12 Desmontaje de piñones.

4.13 Contacto del palpador con el árbol.



4.14 Comprobación del descentrado del árbol secundario.

Ideas clave


MANTENIMIENTO DE LA CAJA DE CAMBIOS MANUAL
Averías más frecuentes
Ruidos extraños
Dureza en la selección de las velocidades
Desengranaje de las velocidades
Rascado de velocidades
Pérdida de aceite
Holgura en la palanca de accionamiento
Comprobaciones
Estado de la carcasa de la caja de cambios
Alojamiento de la caja de cambios
Holgura de los árboles en su alojamiento
Estado de los dientes del piñón
Medida de las muñequillas del árbol secundario
Descentrado máximo del árbol secundario
Estado de las horquillas de accionamiento
Holgura de montaje entre árbol y piñón
Deformaciones en la varillas de mando

Recambios reacondicionados

Los recambios reacondicionados o recambios de intercambio son una opción que contemplan los fabricantes desde hace algunos años con el objetivo de beneficiar tanto al cliente como al taller de reparación.

El sistema de este tipo de recambios consiste en intercambiar con el fabricante las piezas con anomalías diagnosticadas por un recambio original reparado por el propio fabricante.

Normalmente se realizan este tipo de operaciones con recambios cuyo coste cuando son nuevos es muy elevado: motores de combustión, motores de arranque, alternadores, cajas de cambios, diferenciales, kits de embrague, etc.

Los beneficios de este tipo de recambios son los siguientes:

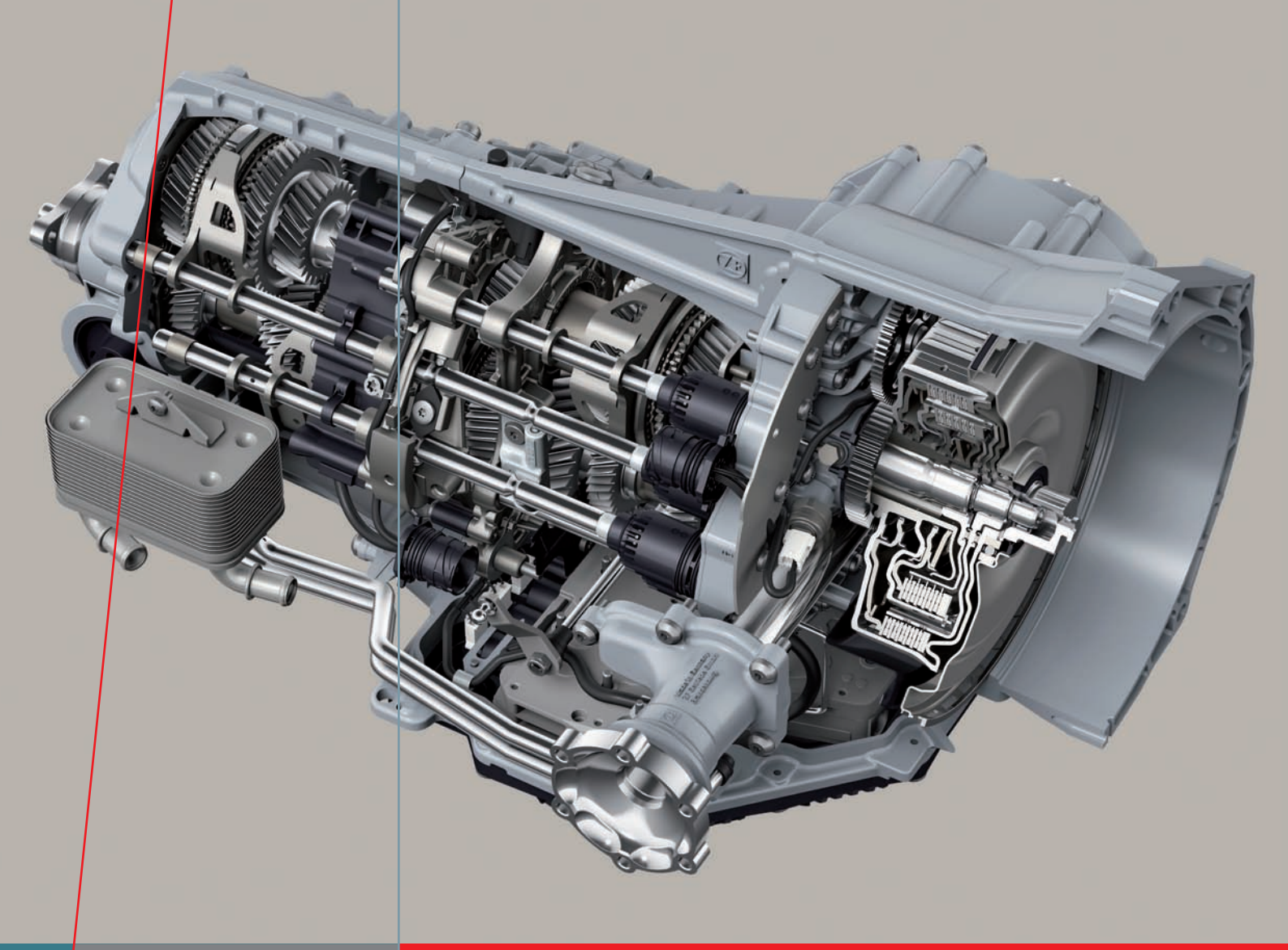
- Abaratar el coste de la reparación del vehículo.
- Agilizar el tiempo de la reparación, teniendo el vehículo listo en un menor plazo, desde su entrada en el taller.
- Inmovilizar el vehículo en el taller de reparación durante un menor periodo de tiempo, facilitando la tarea a la red reparadora del fabricante.

Este tipo de recambios tiene garantía por un periodo de tiempo determinado. Además llegan debidamente examinados y comprobados por el fabricante antes de la entrega al taller reparador.

Un ejemplo de este tipo de distribución de recambios es la que realiza el fabricante japonés Toyota llamado **optifit.** Según fuentes de la marca, esta pretende el abaratamiento medio de los recambios del automóvil aproximadamente en un 40%.

Esta línea de recambios fue lanzada al mercado español en septiembre de 2000. En la actualidad se sigue empleando habiendo conseguido sobradamente los planteamientos iniciales de la propia firma de automóviles. Entre los recambios que facilita son conjuntos completos de embrague, alternadores de carga, motores de arranque, transmisiones automáticas, transmisiones en vehículos híbridos y conjuntos diferenciales.

Jaime Carlos Borja,
Jaime Fenoll
y José Seco de Herrera



unidad 5

Cajas de cambios semiautomáticas

SUMARIO

- Cajas de cambios CVT
- Cajas de cambios robotizadas
- Cajas de cambios DSG

OBJETIVOS

- Conocer la composición y el funcionamiento de las cajas de cambios CVT.
- Saber los tipos de cajas de cambios robotizadas que existen y su funcionamiento.
- Conocer el funcionamiento de las cajas de cambios DSG.

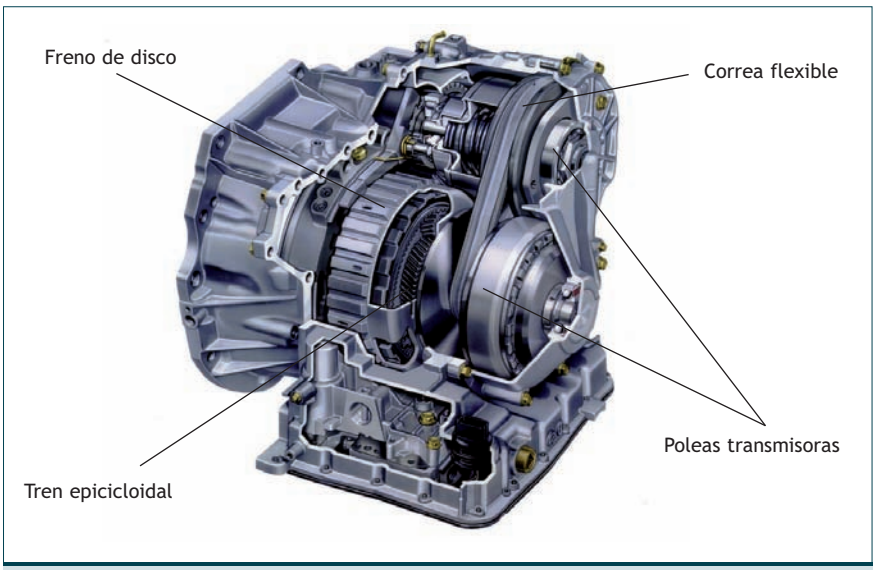
1 >> Cajas de cambios de transmisión variable continua (CVT)

Las cajas de cambios de transmisión variable continua (CVT) se caracterizan por utilizar cualquier relación de transmisión en el cambio de velocidades dentro de unos límites prefijados por el fabricante.

1.1 > Composición del sistema CVT

El sistema de cambios CVT está compuesto por los siguientes elementos (figura 5.2):

- Dos **poleas transmisoras,** una conductora y otra conducida, diseñadas para variar la anchura de sus dos caras cónicas.
- Una **correa flexible,** como elemento de transmisión entre las poleas (figura 5.1). Existen dos tipos de correas de transmisión:
  - Las correas trapezoidales, que tienen forma geométrica en V y son las menos habituales, ya que se deslizan en aceleraciones bruscas o en entregas de par motor muy altas y tienen una vida útil no demasiado larga.
  - Las cadenas fabricadas en un metal flexible, que son muy fiables y permiten mayores entregas de par al sistema de tracción.
- El **acoplamiento con el motor,** que puede realizarse de dos formas: mediante el uso de un embrague hidráulico o mediante el empleo de multidiscos bañados en aceite.
- **La unidad de control hidráulica y la bomba de presión.** La unidad de control hidráulica actúa sobre la bomba de presión para generar la presión de mando.
- El **tren epicicloidal,** necesario para invertir el giro de salida de la caja de cambios y así poder dar marcha atrás.
- El **freno de disco,** que se encarga de detener los distintos elementos del tren epicicloidal.



5.2 Partes de una caja de cambios CVT.

Las siglas CVT

Las siglas CVT proceden de la expresión inglesa *continuously variable transmission*, que quiere decir: transmisión variable continua.

5.1 Correa de transmisión de un sistema CVT.

El tren epicicloidal

El funcionamiento de un tren epicicloidal se detalla en la unidad 6 sobre cajas de cambios automáticas.

Movimiento de las poleas

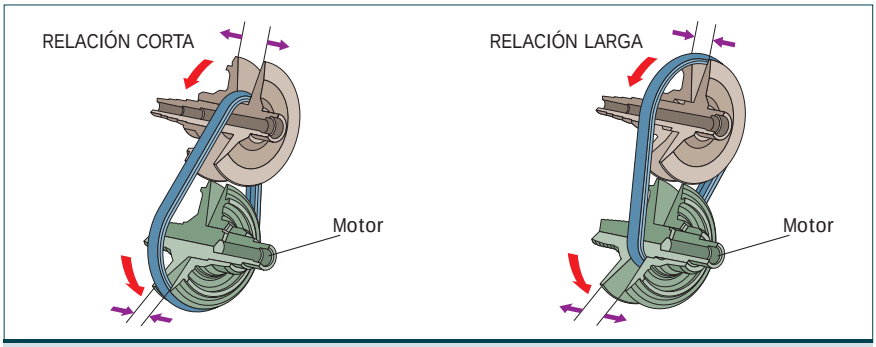
El movimiento de las poleas en una caja de cambios de tipo CVT se efectúa por la presión hidráulica de mando que circula por el interior de los árboles. Estos normalmente tienen conductos para el traslado del fluido hidráulico.

1.2 > Funcionamiento de la caja de cambios CVT

El principio de funcionamiento de las cajas de cambios CVT viene determinado por el régimen de giro del motor de combustión de forma gradual y progresiva.

La variación de la relación de transmisión en un cambio CVT depende de la distancia a la que se encuentren las caras cónicas de cada polea, lo que propicia los distintos diámetros de trabajo. Por ejemplo, si las caras de la polea conductora están muy separadas, su diámetro de trabajo será pequeño y propiciará una relación de transmisión más corta que si dichas caras se encuentran muy juntas, lo que crearía un diámetro de trabajo mayor, con el consiguiente cambio en la relación de transmisión (figura 5.3).

Debido a la forma cónica de las caras, la variación de la relación de cambio no tiene saltos, sino que es continua.



5.3 Variación de la relación de transmisión en un cambio CVT.

La variación del ancho de las poleas está sincronizada y se lleva a cabo gracias a la acción de la unidad de control hidráulica.

Para conseguir relaciones de transmisión cortas

Se va reduciendo progresivamente la presión que incide sobre la polea conductora, a la vez que se aumenta la incidencia de presión hidráulica sobre la polea conducida.

Para conseguir relaciones de transmisión largas

Existirá una mayor presión de incidencia en la polea conductora (de donde procede el movimiento del motor de combustión), a la vez que existirá una presión baja de incidencia sobre la polea conducida.

1.3 > Características de las cajas de cambios CVT

La principal característica de este tipo de cajas de cambios es la reducción de entre un 10 y un 15% del consumo de carburante, puesto que maximiza la relación de transmisión en función del par de salida del motor, lo que produce una disminución proporcional de las emisiones de gases contaminantes. Por este motivo, este tipo de sistemas de cambios se considera una opción muy válida para cumplir con las diferentes normativas referentes a los niveles de emisiones contaminantes.

El principal inconveniente de las cajas de cambios CVT es su imposibilidad de entregar por completo el par del motor al sistema de transmisión. Por ejemplo, si estas cajas de cambios se instalan en motores con un par motor máximo muy elevado, como pueden ser los motores diésel, se darían unas pérdidas de potencia considerables con respecto a una caja de cambios manual.

Otro inconveniente significativo de estas cajas de cambios es la sensación de falta de control de conducción que provocan en el conductor, dado que es una transmisión de fuerza continua y no existen los cambios de regímenes que se dan en las cajas de cambios de tipo manual.

2 >> Cajas de cambios robotizadas

La caja de cambios robotizada se caracteriza por estar su mando de accionamiento gestionado por una unidad de control electrónica que realiza las acciones de embrague, desembrague y los movimientos del elemento de mando de la caja de cambios, liberando así al conductor de realizar dichas acciones.

Dependiendo del sistema de montaje, hay que destacar dos tipos distintos de accionamiento de los mandos de una caja de cambios robotizada:

- Mediante un procedimiento electro-hidráulico, por ejemplo el sistema Selespeed de Alfa Romeo.
- Mediante un procedimiento eléctrico, utilizado principalmente por fabricantes japoneses y BMW con su sistema SMG2.

2.1 > Sistema Selespeed

Este sistema de cambio semiautomático incorpora un embrague por fricción monodisco y una caja de cambios convencional que se diferencia en que su mando se activa mediante una palanca de cambios que puede situarse en tres posiciones:

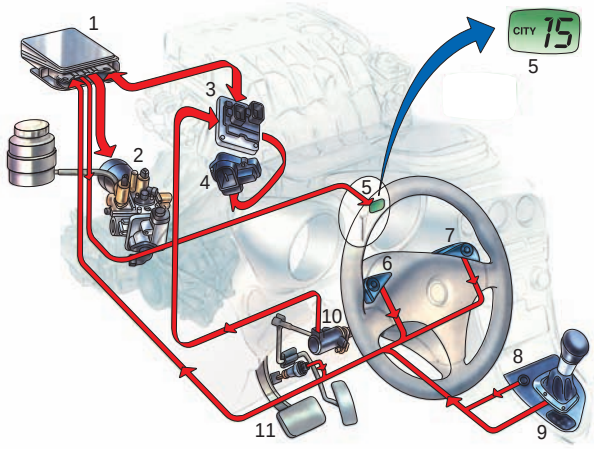
- «+», que engrana una velocidad mayor.
- «−», que engrana una velocidad inferior.
- «R», que es la posición de inversión del movimiento de salida de la caja de cambios, es decir, la marcha atrás.

Las principales virtudes que presenta este sistema son las siguientes:

- Fácil manejo del sistema.
- Comodidad en la conducción, principalmente en ciudad, ya que carece de pedal de embrague.
- Rapidez en la transición de los cambios de velocidades.

En algunos automóviles, también se pueden activar las velocidades del sistema Selespeed a través de unas levas junto al volante. La utilización de estas levas confiere al vehículo una conducción muy deportiva (figura 5.4).

5.4 Levas en el volante en el sistema Selespeed.



1 Unidad de control electrónica
2 Grupo hidráulico de accionamiento
3 Sistema de control mariposa de gases de forma electrónica
4 Sensor de revoluciones motor
5 Indicador velocidad engranada
6 Leva reducir velocidad
7 Leva aumentar velocidad
8 Interruptor posición palanca de cambios
9 Palanca de cambios
10 Potenciómetro pedal del acelerador
11 Interruptor pedal de freno

5.5 Sistema Selespeed.

Composición del sistema Selespeed

La composición de este sistema de caja de cambios consta de (figura 5.5):

- **Centralita electrónica de control,** cuya misión es gestionar el funcionamiento del sistema en orden a los parámetros recibidos.
- **Mando hidráulico,** que está dotado de una bomba hidráulica de accionamiento eléctrico.
- **Depósito hidráulico** y **tuberías de cebado** del grupo hidráulico.
- **Control electrónico de la mariposa de gases,** cuya misión es realizar el cierre de la mariposa de gases mientras se realiza el cambio de velocidad, con el objetivo de eliminar la acción del acelerador para mantener un régimen de motor bajo, y así evitar el desgaste excesivo de los forros de fricción del disco de embrague.
- **Testigo de la velocidad engranada** en el cuadro de instrumentos.
- **Levas** de accionamiento de la caja de cambios.
- **Palanca de cambios** insertada en la parte baja del salpicadero.
- **Potenciómetro del pedal del acelerador.**
- **Interruptor del pedal de freno,** cuyo accionamiento es indispensable para encender el motor de combustión.
- **Interruptores de accionamiento en la palanca de cambios,** uno por cada posición de accionamiento: velocidad superior (+), velocidad inferior (−) y marcha atrás (R).

Funcionamiento del sistema Selespeed

Al colocar el conductor la palanca de cambios en la posición «+», el interruptor informa a la unidad de control electrónica de la necesidad de aumentar una velocidad. Esta unidad manda tensión de excitación a la electrobomba hidráulica y la pone en funcionamiento elevando la presión residual que ya existe en el circuito hasta llegar a la presión de trabajo.

La unidad hidráulica dispone de dos electroválvulas, accionadas por la unidad de control electrónica, que si están abiertas comunican la presión hidráulica a los cilindros; si se encuentran cerradas mantienen la presión de trabajo; y si se abren se desaloja esa presión hacia el depósito hidráulico, eliminándose de esa forma el accionamiento del émbolo hidráulico sobre el elemento de mando de la caja de cambios robotizada.

El sistema, además, está dotado de un acumulador hidráulico para absorber las posibles fluctuaciones del fluido producidas por el aumento o la disminución de la presión en el interior del circuito.

Cuando la marcha está engranada, esta se indica en cuadro de mandos, para mantener así al conductor informado en todo momento.

Presión residual

La presión residual tiene como objetivo mantener una presión por debajo de la de trabajo para que la bomba de presión no trabaje en exceso y los cambios de las velocidades se realicen de forma rápida.

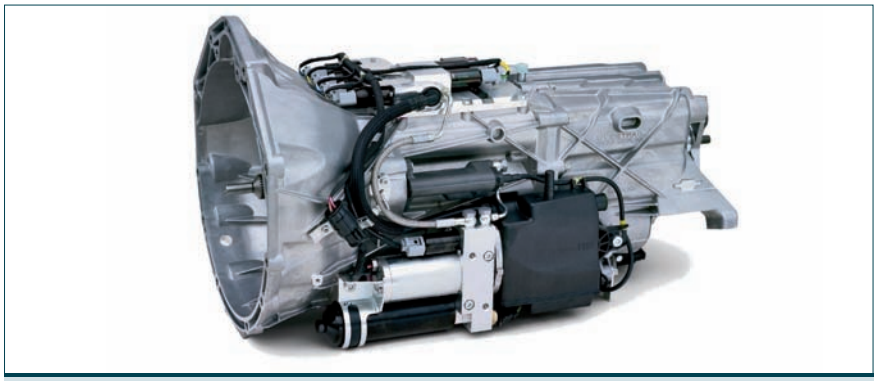
2.2 > Sistema de accionamiento totalmente eléctrico

El sistema de accionamiento totalmente eléctrico de los sistemas de cajas de cambios robotizadas aporta una mayor fiabilidad y durabilidad, ya que no existe circuito hidráulico. Además, resulta más barato para el fabricante.

Está equipado con un embrague monodisco por fricción y una caja de cambios convencional, al igual que el sistema de accionamiento Selespeed.

El sistema de accionamiento eléctrico está compuesto por los siguientes elementos:

- Palanca de cambios de accionamiento
- Interruptor de acelerador
- Interruptor del pedal de freno
- Levas de accionamiento (si el vehículo dispone de ellas)
- Unidad de motor
- Unidad electrónica de la caja robotizada
- Motores de accionamiento eléctrico



5.6 Caja de cambios robotizada por accionamiento completamente eléctrico.

Funcionamiento del sistema de accionamiento totalmente eléctrico

Este sistema dispone normalmente de tres motores de accionamiento eléctrico comandados por la unidad de control electrónica. Los motores eléctricos reciben excitación procedente de dicha unidad de control y, dependiendo de la posición seleccionada en la palanca de cambios, se excitará uno u otro para realizar el cambio de velocidad.

Este accionamiento rápido y sincronizado de cada velocidad logra un cambio sensacional de velocidades, generando una transición entre ellas de estilo claramente deportivo.

De igual forma que en el sistema Selespeed, en la activación de las diferentes velocidades, la caja reguladora de la mariposa de gases se cierra mediante una orden eléctrica de la unidad de control, modificando la inyección de combustible para mantener el motor en un régimen bajo donde no genere sobreesfuerzos en el acople del mecanismo de embrague de fricción ni produzca en él desgastes innecesarios.

Algunos sistemas de cajas de cambios robotizadas son el Sensodrive (Citroën), el MMT (Toyota) y el Easytronic (Opel).

Mariposa de gases

La mariposa de gases es la que da mayor o menor paso de aire hacia los cilindros, dependiendo de las características de funcionamiento del vehículo en cada una de las circunstancias. Esta es accionada por el conductor mediante el pedal del acelerador.

3 >> Cajas de cambios semiautomáticas DSG

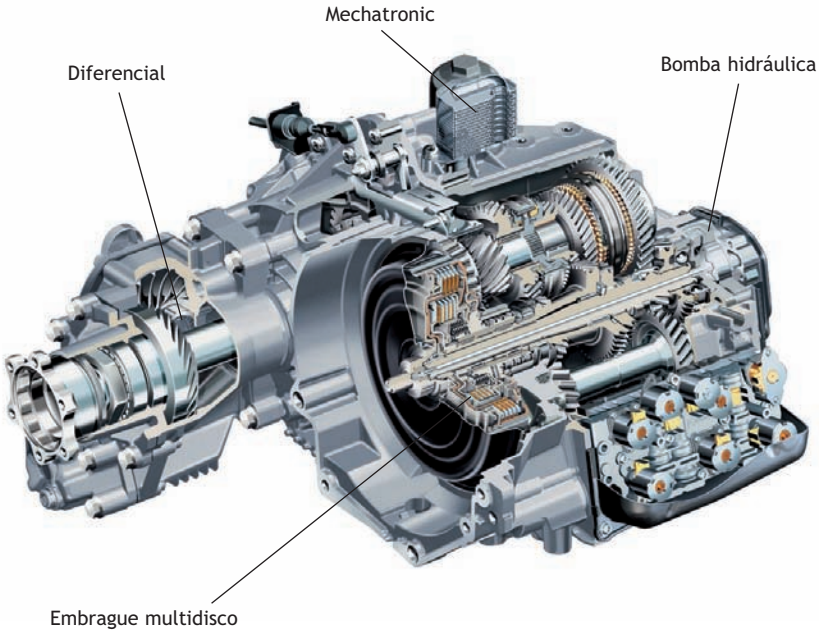
La principal cualidad de este sistema de cambios es su rapidez de funcionamiento, la cual supone una gran mejora en las aceleraciones y recuperaciones del vehículo.

3.1 > Funcionamiento de la caja de cambios DSG

El cambio semiautomático DSG consta principalmente de dos transmisiones parciales y totalmente independientes entre sí, estructuradas como un cambio de tipo manual convencional en lo que respecta a su funcionamiento, pero con la peculiaridad de que cada transmisión tiene asignado un embrague multidisco de aceite viscoso independiente. Estos se denominan K1 y K2:

- Al embrague K1 se conecta el árbol primario 1 con las velocidades primera, tercera, quinta y la marcha atrás.
- Al embrague K2 se conecta el árbol primario 2 con las velocidades segunda, cuarta y sexta.

Un sistema denominado Mechatronic se encarga de abrir y cerrar los embragues de forma regulada, en función de la marcha que se conecte (figura 5.7).



5.7 Caja de cambios DSG. Fuente: Audi.

Siempre que hay arrastre de fuerza en una de las transmisiones parciales, en la otra mientras tanto se preselecciona la marcha siguiente con el embrague abierto, es decir, se tiene una marcha engranada y otra «semi-engranada». De esta forma, mediante la activación del sistema hidráulico, que engrana rápidamente la siguiente velocidad y desengrana a su vez la anterior, se consiguen unos cambios de velocidad rápidos y fiables.

Automóviles con el sistema DSG

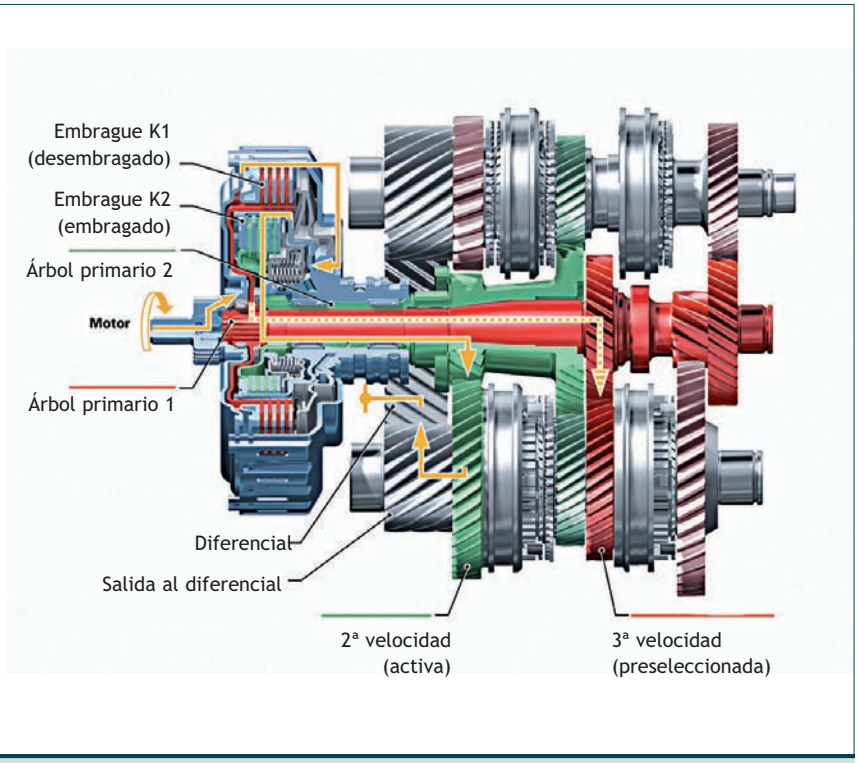
Las cajas de cambios de tipo DSG fueron desarrolladas por el grupo VAG, al que pertenecen las marcas Audi, Volkswagen, Seat y Skoda. Por este motivo son estas marcas las que montan este tipo de sistemas.

Entrada de par a través del embrague

El par pasa del cigüeñal al volante de inercia bimasa, y a su vez las estrías del volante de inercia bimasa que se encuentran en el cubo de entrada del embrague doble transmiten el par sobre el disco de arrastre del embrague multidisco.

El par se inscribe en cada uno de los embragues (K1 y K2) a través de su soporte multidisco exterior. Al cerrar el embrague se transmite el par a su soporte multidisco interior y de ahí al árbol primario que tiene asociado. De esta forma, siempre hay un embrague multidisco transmitiendo el par motor para producir el movimiento del vehículo (figura 5.8).

Para cerrar alguno de los embragues se aplica aceite a presión a la cámara. Así, el émbolo correspondiente se desplaza y comprime el conjunto multidisco del embrague. Y al abrir el embrague, el diafragma resorte oprime de nuevo el émbolo para llevarlo a su posición inicial.



5.8 Cambio DSG con las velocidades segunda y tercera engranadas. Fuente: Audi.

P Práctica 5

>> Actividades propuestas

1·· ¿De cuántos embragues dispone la caja de cambios de tipo DSG?

2·· ¿Cómo funciona un embrague de fricción por multidiscos bañados en aceite? Revisa la unidad 2 de este libro.

3·· ¿Cuál es la principal cualidad del sistema de cambio semiautomático DSG?

4·· ¿Qué velocidades se engranan a través de los embragues K1 y K2 respectivamente?

3.2 > Conjunto de árboles de la caja de cambios DSG

Las cajas de cambios DSG constan de tres árboles de transmisión (figura 5.9):

5.9 Árboles de un cambio DSG.

- **El árbol primario 1,** que discurre a través del hueco del árbol primario 2 y está unido por estrías al embrague multidisco K1. Este árbol aloja los piñones de las velocidades primera, tercera, quinta y la marcha atrás.
- **El árbol primario 2,** que es hueco y está unido por medio de estrías con el embrague multidisco K2. Este árbol aloja los piñones de las velocidades segunda, cuarta y sexta.
  El árbol primario 2 es el encargado de engranar el piñón de ataque con la corona para el grupo diferencial.
- **El árbol inversor,** que se encarga de invertir el sentido de giro del árbol primario 2 para la marcha atrás. En este caso el árbol engrana en el árbol secundario 1 con el piñón compartido para la primera velocidad y la marcha atrás y, en el árbol secundario 2, con el piñón móvil para la marcha atrás.

3.3 > El circuito hidráulico del sistema DSG

El DSG tiene un circuito hidráulico común para todas las funciones del cambio. El aceite del circuito debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Asegurar la regulación de los embragues y la gestión hidráulica de los mismos.
- Tener una viscosidad que permanezca estable en todas las temperaturas de funcionamiento.
- Resistir las cargas mecánicas de alto nivel.
- No permitir la creación de espuma.

Las funciones asignadas para este aceite son las siguientes:

- La lubricación y refrigeración del embrague doble, las ruedas dentadas, los árboles, los cojinetes y sincronizadores, etc.
- Realizar el trabajo de mando del embrague doble y los émbolos para los actuadores del cambio DSG.

Para su refrigeración, el sistema de cambios de tipo DSG dispone de un radiador conectado al flujo del líquido refrigerante del motor, que se encarga de que la temperatura del aceite no sobrepase los 140 °C.

El sistema hidráulico consta además de los siguientes elementos:

- Un filtro cuya misión es la de limpiar el aceite.
- Una bomba de presión hidráulica accionada mecánicamente por el propio sistema.
- Un actuador hidráulico de mando cuya misión es accionar las palancas que engranan las distintas velocidades. Este actuador dispone de una válvula limitadora de presión hidráulica.

3.4 > El circuito eléctrico del sistema DSG

El sistema DSG consta de una unidad de control electrónica llamada Mechatronic, que controla los siguientes parámetros:

- Temperatura del aceite, controlando que no supere los 140º con la ayuda de un sensor.
- Sensores de régimen de revoluciones de la caja de cambios. Existen tres sensores:
  - Sensor de régimen de entrada a la caja de cambios, que tiene como objetivo regular los embragues con exactitud y los pequeños patinajes en la transmisión de movimiento.
  - Sensores de régimen del árbol primario y secundario, que están montados cada uno en su árbol correspondiente y tienen como objetivo determinar la velocidad de sincronización de los mandos de cambio de sus árboles.
- Sensores de presión hidráulica, uno para cada embrague, que se encargan de vigilar la presión de llegada del fluido a dichos embragues.
- Sensor actuador de posición de las horquillas de mando. El sistema dispone de cuatro actuadores hidráulicos encargados de desplazar dichas horquillas para engranar las distintas velocidades.
- La palanca de cambios (figura 5.10), que está compuesta de elementos electrónicos de tipo hall con los siguientes objetivos:
  - Reconocer los deseos del conductor del vehículo.
  - Gestionar el bloqueo del arranque.
  - Gestionar la puesta en funcionamiento del alumbrado de marcha atrás.
  - Gestionar la indicación de la velocidad insertada en el indicador del cuadro de instrumentos.

5.10 Palanca de cambios de un sistema DSG.

Sustitución de la unidad de control Mechatronic

Para realizar una correcta sustitución de la unidad Mechatronic se tiene que llevar a cabo una adaptación a la mecánica del cambio con ayuda del *tester* de diagnosis eléctrico, que proporcionará una guía del procedimiento.

Para realizar la adaptación, se inicia la función de «Ajuste básico» bajo la forma de «Funciones guiadas por la unidad de control» y se ejecuta luego el recorrido en la máquina de diagnosis de autoadaptación que ella describe.

Técnica

Proceso de sustitución de la unidad Mechatronic

•• La unidad Mechatronic va situada junto al conjunto de la caja de cambios. Para proceder a su sustitución es necesario seguir el siguiente proceso:

- Verificamos que el contacto esté apagado.
- Desconectamos la unidad de control electrónica y quitamos los tornillos de anclaje de esta a la caja de velocidades. Colocaremos una bandeja debajo del conjunto, ya que puede perderse fluido hidráulico.
- Realizamos una adaptación a la nueva unidad electrónica.

4 >> Averías más frecuentes en las cajas de cambios semiautomáticas

Las averías más frecuentes en las cajas de cambios CVT y cajas de cambios robotizadas se detallan a continuación.

4.1 > Averías en las cajas de cambios CVT

Falta de potencia en el vehículo

La falta de potencia en el vehículo suele deberse, principalmente, a las siguientes causas:

- Deterioro de la correa de transmisión, produciéndose el patinamiento de la correa frente a las poleas. Este tipo de averías eran habituales en las correas de las antiguas cajas de cambios que se fabricaban de caucho. Se procederá al cambio de la correa transmisora.
- Falta de la presión hidráulica de mando, que puede deberse al desgaste de la bomba de presión o a las existencias de fugas del fluido hidráulico en el sistema. Para solucionar la avería se procederá a la sustitución de la bomba de presión.

Salida del vehículo de forma irregular, produciéndose vibraciones en el habitáculo

Puede deberse principalmente al mal estado de alguno de ambos embragues multidisco de acople con el motor de combustión. En este caso se procederá a la sustitución completa de este embrague.

4.2 > Averías en las cajas de cambios robotizadas de tipo Selespeed

No se engranan las marchas seleccionadas

Las marchas no se suelen engranar, principalmente, debido a una de las siguientes causas:

- Falta de alimentación eléctrica en la electrobomba o rotura de la misma. En este caso se procederá a su sustitución.
- Rotura del interruptor de la palanca de cambios. Esta rotura provoca que la unidad de control no informe sobre la voluntad de cambio del conductor. Se procede por tanto a la sustitución del mismo.
- Funcionamiento incorrecto de la unidad de control electrónica. En este caso se procederá a la reprogramación de la misma o a su sustitución si fuera necesario.
- Funcionamiento incorrecto de los bombines receptores de presión hidráulica. En esta situación se procederá a la sustitución de los mismos.
- Existencia de aire en el circuito hidráulico. Se realizará una purga del circuito.
- Nivel demasiado bajo del fluido hidráulico. Esta situación puede deberse a pérdidas de fluido en alguna parte del recorrido. En este caso la avería se subsanará sustituyendo el elemento causante de esa pérdida y rellenando de líquido el circuito hasta llegar a los niveles indicados por el fabricante.

4.3 > Averías en las cajas de cambios robotizadas con accionamiento completamente eléctrico

No se engranan las velocidades seleccionadas

Esta situación puede deberse principalmente a tres causas:

- No funcionan los motores eléctricos de acoplamiento. Se procederá a su sustitución.
- Deterioro del interruptor de la palanca de cambios, con lo cual no informa a la unidad de control electrónica de la voluntad del cambio de velocidad. Se procederá a la sustitución de dicho interruptor.
- Mal funcionamiento de la unidad de control electrónica. Se procederá a la reprogramación y verificación de la unidad de control y, en caso de seguir funcionando mal, procederemos a la sustitución de la misma.

Falta de potencia en el vehículo

Como se ha indicado anteriormente, este tipo de cajas de cambios son manuales de tipo convencional, pero gestionadas eléctricamente. En caso de falta de potencia exagerada del vehículo se procederá a la verificación y sustitución del conjunto del embrague.

4.4 > Averías en las cajas de cambios de tipo DSG

No existe transmisión de motor en unas determinadas velocidades

Esta avería es debida al fallo de uno de los embragues del sistema. Debemos determinar qué velocidades no funcionan para determinar si el problema está en el embrague K1 ó en el K2.

También podrían existir pérdidas de fluido en el circuito de cebado de algún embrague.

Estas pérdidas se subsanan realizando la sustitución completa del elemento deteriorado, ya sean canalizaciones rígidas, flexibles o también racores de unión.

El vehículo permanece inmóvil

Este problema puede deberse a dos causas principalmente:

- La unidad electrónica no regula las válvulas de control hidráulicas correctamente. En este caso, se procederá a la sustitución de la unidad de control denominada Mechatronic.
- Problemas de la bomba de generación de presión hidráulica. Se recomienda realizar una comprobación de la presión hidráulica de salida de la bomba comparándola con la que indica el fabricante para determinar la sustitución de la bomba.

>> Actividades propuestas

5·· ¿Por qué motivos no se engrana la velocidad seleccionada en un cambio de tipo Selespeed? Razona las respuestas.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuáles son las características más significativas de las cajas de cambios?

2·· Indica los componentes que forman un sistema de caja de cambios CVT.

3·· ¿Cuál es el principio de funcionamiento de la caja de cambios CVT?

4·· ¿De qué dos tipos puede ser el mando de accionamiento de una caja de cambios robotizada?

5·· ¿Qué virtudes presenta la caja de cambios Selespeed y de qué elementos está compuesta?

6·· Explica el principio de funcionamiento de una caja de cambios de tipo Selespeed.

7·· ¿De qué partes consta el sistema de una caja de cambios robotizada con accionamiento completamente eléctrico? Explica el funcionamiento de este sistema.

8·· Explica el principio de funcionamiento del sistema de una caja de cambios DSG.

9·· ¿Qué misión tienen los sensores de la posición de las horquillas de mando y cuántos actuadores posee el sistema? ¿Sobre qué velocidades funcionan estas horquillas?

10·· ¿Qué es la unidad de mando Mechatronic y dónde va insertada? ¿Qué funciones tiene esta unidad de control?

11·· ¿Qué misión tiene la palanca de cambios en el sistema DSG?

12·· ¿Qué requisitos debe satisfacer el aceite en el circuito del sistema DSG?

13·· ¿Qué misión tiene el sensor de régimen de entrada en la caja de cambios DSG?

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica los componentes de una caja de cambios de tipo CVT.

2·· Realiza un diagnóstico y una lectura de datos de un sistema de cambios DSG con el equipo de diagnosis del que disponga el centro. Recuerda que para que haya comunicación de la unidad de control con la máquina de diagnosis debes encender el contacto del vehículo y conectar el cable de conexión tipo OBD.

Caso final

Sustitución del filtro de la caja de cambios DSG

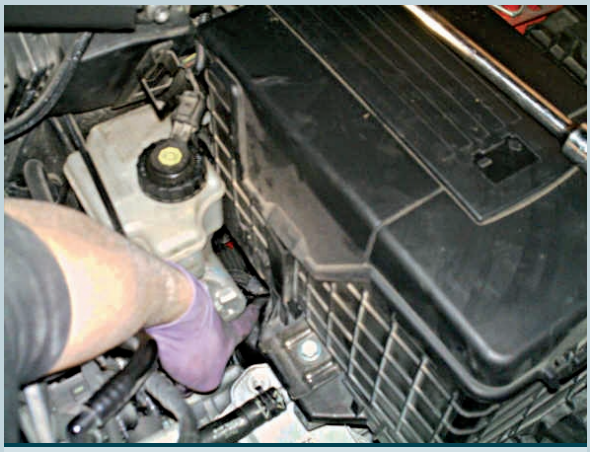
•• El sistema de la caja de cambios DSG necesita de la sustitución periódica del filtro de papel microporoso del circuito hidráulico, que tiene la misión de depurar las posibles partículas en suspensión que pueda contener el fluido y que podrían dañar los componentes del sistema.

En una revisión periódica de un cambio de este tipo, que se debe realizar cada 60 000 km, descubres que es necesario cambiar el filtro de papel microporoso. Realízalo.

Solución ••

Para realizar la sustitución del filtro que se nos pide seguimos los siguientes pasos:

1. Identificamos la ubicación del filtro (figura 5.11).
2. Aflojamos la carcasa portafiltros de su ubicación, teniendo la precaución de colocar una bandeja debajo para no manchar el suelo de aceite.
3. Una vez extraído el filtro usado, lo depositamos en el bidón de residuos correspondiente del taller.
4. Verificamos que el nuevo filtro sea exactamente igual y procedemos a su colocación, que se realiza, normalmente, a presión (figura 5.12).
5. Colocamos los retenes tóricos (figura 5.13) para evitar pérdidas de aceite por el conjunto y, seguidamente, enroscamos con la mano la tapa.
6. Atornillamos la tapa del conjunto filtrante al par de apriete correspondiente (aproximadamente a 10 Nm) con la llave dinamométrica.

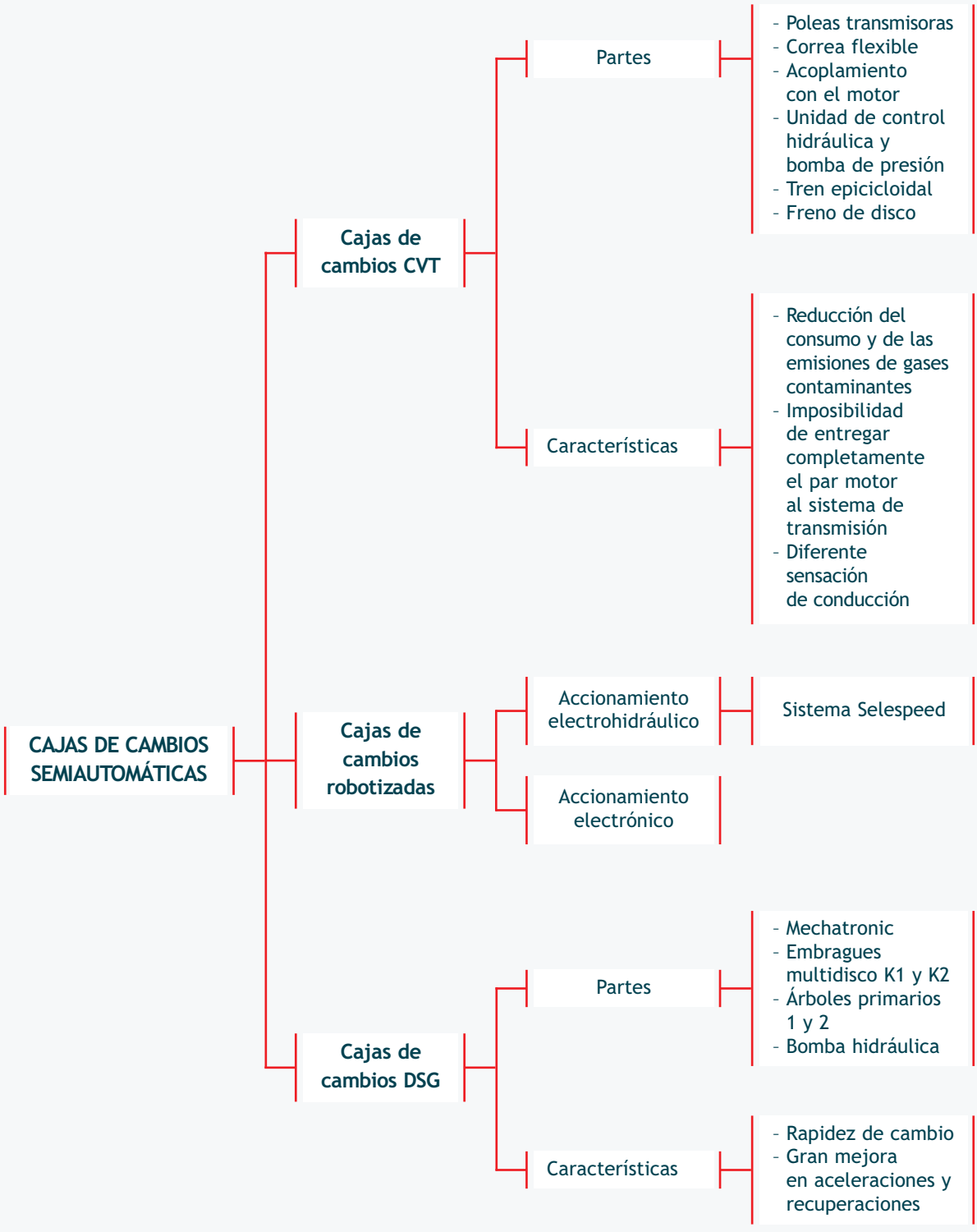


5.11 Ubicación del filtro en el motor.

5.12 Filtro DSG

5.13 Junta tórica de estanqueidad.

Ideas clave


CAJAS DE CAMBIOS SEMIAUTOMÁTICAS
Cajas de cambios CVT
Partes
- Poleas transmisoras
- Correa flexible
- Acoplamiento con el motor
- Unidad de control hidráulica y bomba de presión
- Tren epicicloidal
- Freno de disco
Características
- Reducción del consumo y de las emisiones de gases contaminantes
- Imposibilidad de entregar completamente el par motor al sistema de transmisión
- Diferente sensación de conducción
Cajas de cambios robotizadas
Accionamiento electrohidráulico
Sistema Selespeed
Accionamiento electrónico
Cajas de cambios DSG
Partes
- Mechatronic
- Embragues multidisco K1 y K2
- Árboles primarios 1 y 2
- Bomba hidráulica
Características
- Rapidez de cambio
- Gran mejora en aceleraciones y recuperaciones

EL SÉPTIMO ARTE

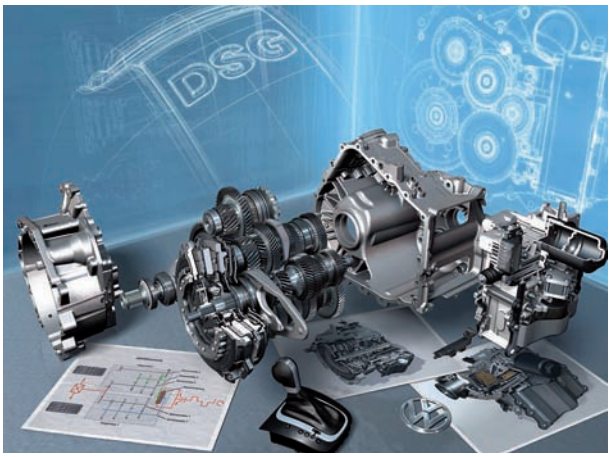
Parafraseando el célebre anuncio de cerveza, Volkswagen presentó en Barcelona la última evolución de su cambio automático DSG, posiblemente el mejor del mundo. Impulsada por el enorme prestigio de la caja de seis velocidades, la firma alemana da una vuelta de tuerca más en su carrera tecnológica y revoluciona el mercado con el DSG de siete velocidades, con el que conserva el carácter dinámico y la sensación de confort y, además, consigue una mayor eficiencia en la relación consumo/prestaciones.

Desde que en 2003 Volkswagen equipase por primera vez un Golf R32 de la cuarta generación con su caja automática de doble embrague, la historia del cambio DSG es una historia de éxito. Más de un millón de ventas en cinco años, 400.000 cambios producidos en 2007 y el hecho de que la marca de Wolfsburg prevea que un cuarto de los vehículos que venderá en 2008 irán equipados con su transmisión automática, son datos que corroboran la excelencia de un proyecto ganador.

El Golf y el Golf Plus, con las mecánicas TSI de 122 CV y TDI de 105 CV, serán los primeros modelos en incorporar esta nueva transmisión, que aterrizará en España en un par de meses. Más adelante, esta caja de cambios también se montará en el Golf Variant y en el Jetta.

La principal novedad que aporta el DSG de siete velocidades con respecto al de seis es que su doble embrague trabaja en seco y no requiere de aceite para su refrigeración, que se consigue por aire. Así, el aceite que necesita es el imprescindible para lubricar el sistema de dentado y los cojinetes, reduciendo el gasto a 1,7 litros. Al no refrigerar por aceite, el nuevo DSG es adaptable a motores que rinden hasta 250 Nm de par máximo, por lo que no es compatible con las versiones más potentes de los vehículos de Volkswagen. Como ejemplos valen el Golf GTI, cuyo par máximo es de 280 Nm, o el Golf R32, de 320 Nm.

Además de un consumo sensiblemente inferior de aceite, el nuevo cambio es notablemente más ligero que su predecesor. Así, de los 93 kilos de «lastre» que



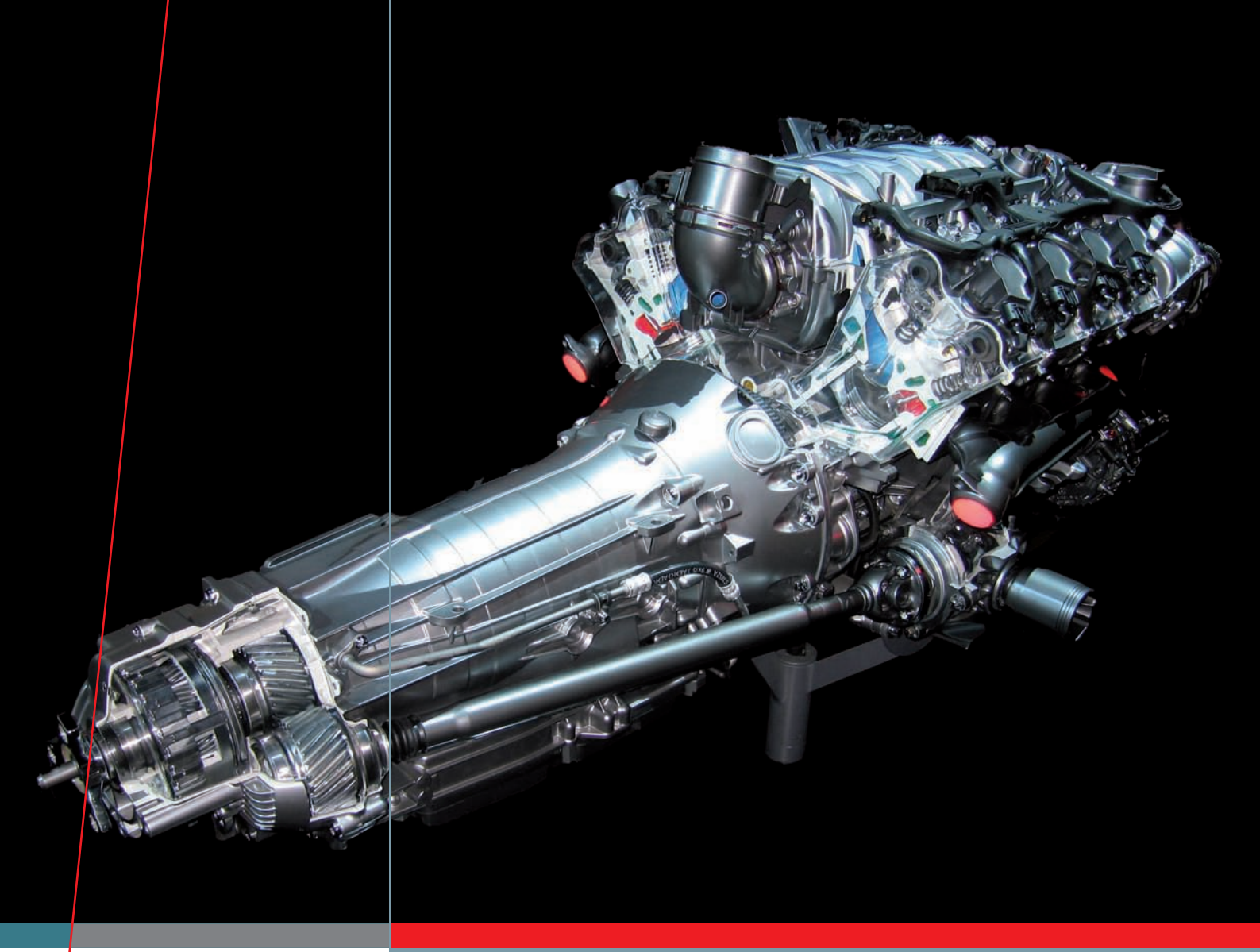
implicaba el DSG de seis velocidades, pasamos a los 77 kilos que pesa el de siete, lo que repercute directamente en una mejora del rendimiento del motor.

La primera impresión del DSG de siete velocidades no pudo ser más positiva. Su principal objetivo, reducir el consumo y el nivel de emisiones de CO_2, está garantizado. Así, el Golf TSI de 122 CV de nuestra toma de contacto sólo gasta 5,9 litros de combustible al cabo de 100 kilómetros, por los 6,3 que necesita el mismo modelo equipado con cambio manual. La misma mejora se aprecia en las emisiones, que pasan de 149 en el manual a 139 en el automático de siete velocidades.

Por encima de su exquisita suavidad y precisión, sorprende también el fenomenal rendimiento de la séptima velocidad que, lejos de ser sólo de desahogo, ofrece un destacado empuje. La recuperación en séptima de 80 a 120 km/h en el Golf TSI es de apenas siete segundos, por lo que no es necesario reducir a sexta (o quinta) para adelantar en situaciones de apuro.

Volkswagen vuelve a dar en la diana. Por un sobreprecio que rondará los 1.500 euros, tanto los entusiastas como los escépticos del cambio automático podrán disfrutar del DSG de siete velocidades. Ya saben, lo dice el anuncio: posiblemente...

Moisés Muñoz
www.autocity.com
28 de enero de 2008



unidad 6

Cajas de cambios automáticas

SUMARIO

- Partes y funcionamiento de las cajas de cambios automáticas
- El tren epicicloidal
- Transmisión de los vehículos híbridos

OBJETIVOS

- Conocer las partes fundamentales que forman una caja de cambios automática y su funcionamiento básico.
- Entender el funcionamiento del tren epicicloidal y saber sus principales disposiciones.
- Conocer la composición y el funcionamiento de las transmisiones de los vehículos híbridos.

1 >> Introducción a las cajas de cambios automáticas

Las cajas de cambios de tipo automático se caracterizan por seleccionar las distintas relaciones de transmisión sin la manipulación directa del conductor.

La transición del cambio de velocidad se realiza en función de dos parámetros, teniendo en cuenta el giro del motor en cada momento:

- La velocidad del vehículo.
- El par resistente que se aprecia en la marcha del vehículo.

Los vehículos con caja de cambios automática no disponen de pedal de embrague y su palanca de cambios es muy distinta a la de los vehículos con caja de cambios manual.

El resultado es un funcionamiento que no produce apenas irregularidades en la transición de las marchas, algo muy cómodo para el conductor, ya que no debe accionar dispositivos de cambio de marchas ni embrague.

Además, el cambio automático aporta al vehículo mayor seguridad activa, puesto que en las frenadas de emergencia se produce la reducción de marchas de forma automática, lo que ayuda considerablemente en caso de no poderse realizar la reducción adecuada por un fallo humano.

1.1 > Composición de una caja de cambios automática

Los elementos que componen la mayoría de los sistemas de cambios automáticos son:

- Un **convertidor hidráulico de par** que entrega y ajusta de forma automática el par de salida al par que requiere la transmisión en cada momento. Este elemento sustituye cada vez más a los embragues hidráulicos, puesto que es capaz de entregar a la caja de cambios un par mayor.
- **Trenes epicicloidales** que determinan las distintas relaciones del cambio. Dependiendo del número de trenes epicicloidales que el sistema contenga y de su disposición, la caja de cambios poseerá un mayor o menor número de relaciones de transmisión.
- Un conjunto de **embragues y frenos,** encargados de bloquear las distintas partes de los trenes epicicloidales para generar las diferentes relaciones de transmisión.
- Un conjunto de **electroválvulas** encargadas de comandar la acción de los elementos de frenado de los trenes epiciloidales.
- Un **sistema de mando** que selecciona automáticamente la combinación de los trenes epicicloidales. Estos sistemas de mando pueden ser hidráulicos, electrónicos o una combinación de los dos, o lo que es lo mismo, electrohidráulicos.

El control electrónico es la mayor innovación incluida en los cambios automáticos de última generación, ya que da la posibilidad al conductor de elegir entre varios programas de conducción, como económico/confort («W») o deportivo («S»), mediante un interruptor de selección.

Tipos de cajas de cambios automáticas

Las cajas de cambios automáticas se pueden clasificar en:

- **Hidráulicas:** de accionamiento completamente mecánico.
- **Electrohidráulicas:** cuyo accionamiento está controlado electrónicamente. Estas cajas son las más empleadas actualmente.

2 >> Tren epicicloidal

Los trenes o engranajes epicicloidales son los engranajes utilizados por las cajas de cambios automáticas para generar las distintas relaciones de transmisión.

Las ventajas fundamentales de la utilización de los trenes epicicloidales son las siguientes:

- Su forma es más reducida y compacta.
- Permiten el reparto del par motor en una mayor superficie, permitiendo transmitir, de ese modo, pares de fuerza mayores que los engranajes helicoidales de las cajas de cambios manuales.

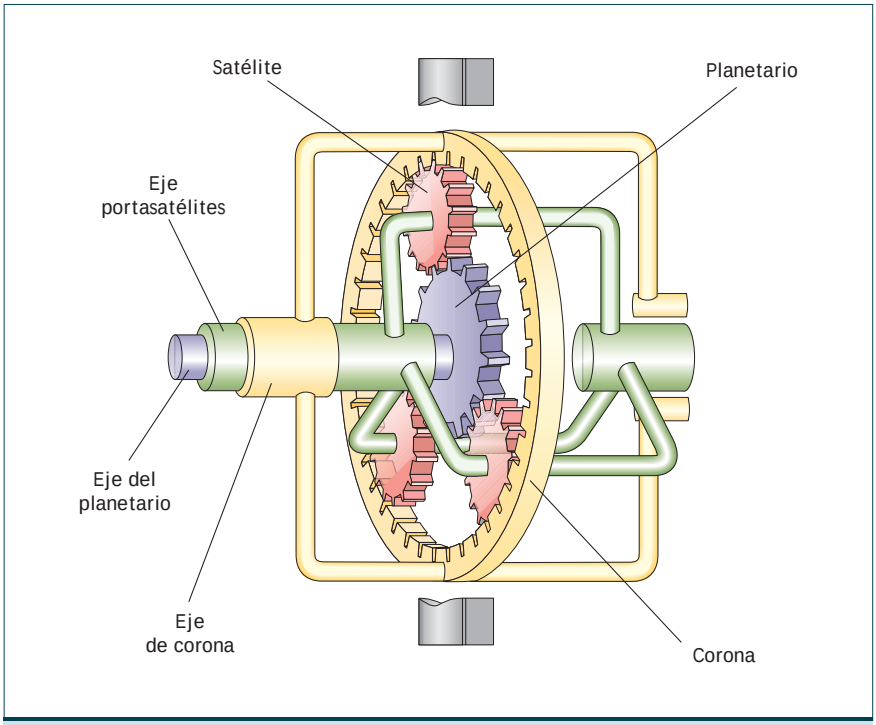
En los trenes epicicloidales, las distintas relaciones de cambio se obtienen accionando frenos y embragues que bloquean el movimiento de los distintos elementos de los engranajes. De esta forma, cada relación de cambio dependerá de la combinación de elementos del tren epicicloidal que hayan sido bloqueados.

Engranajes muy prácticos

Los engranajes de tipo epicicloidal no solo se utilizan en las cajas de cambios automáticas, sino que también se montan, por ejemplo, en las transmisiones de los vehículos híbridos.

2.1 > Descripción del engranaje de tipo epicicloidal

Los engranajes epicicloidales están formados básicamente por los elementos que aparecen en la figura 6.1.



6.1 Composición de un tren epicicloidal.

El **planetario** está situado en la parte central y gira sobre un eje. Los **satélites** engranan directamente con el planetario, y disponen de un eje solidario a todos ellos llamado portasatélites. La **corona** engrana con su dentado interior en los satélites y encierra todo el conjunto del tren epicicloidal.

2.2 > Cálculo de la relación de transmisión

Los elementos que forman un tren de engranajes epicicloidales se pueden combinar en función de cuál de ellos es frenado, cuál es impulsado y cuál es el que envía la salida a la transmisión del vehículo.

Para calcular la relación de transmisión en este tipo de engranajes se utiliza la fórmula de Willis:

$$n_2 = \frac{z_3 \cdot n_3 + z_1 \cdot n_1}{z_3 + z_1}$$

n_1 = Vueltas del planetario

n_2 = Vueltas de la placa portasatélites

n_3 = Vueltas de la corona

z_1 = Número de dientes del planetario

z_3 = Número de dientes de la corona

Con esta fórmula, y conociendo algunos de los valores, se pueden calcular las posibles relaciones de transmisión del tren o trenes que componen la caja de cambios automática.

En el cálculo de la relación de transmisión de un tren epicicloidal no se tiene en cuenta únicamente el número de dientes de los engranajes, a diferencia de lo que ocurre en las cajas de cambios manuales.

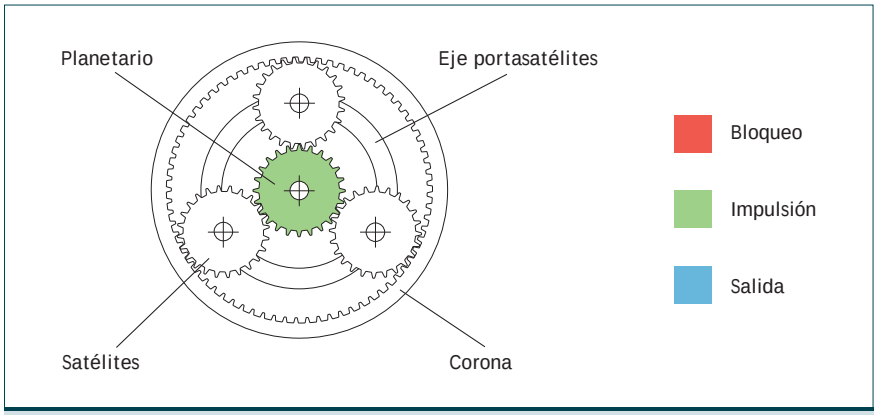
Para ver los distintos casos que pueden existir en un tren epicicloidal podemos estudiar un ejemplo con las siguientes características:

- Un planetario de 100 dientes.
- Una corona de 50 dientes.
- Un tren en el que el elemento de mando gira una vuelta, mientras otro elemento permanece bloqueado.

El resultado serán las vueltas que llegarán al grupo diferencial por cada vuelta que suministra el motor de combustión.

Primer caso

El elemento impulsado es el planetario, mientras el resto de los elementos permanece libre (figura 6.3). El resultado es punto muerto, es decir, no se obtiene relación de transmisión y el vehículo permanecerá inmóvil.



6.3 Esquema del primer caso de transmisión de un tren epicicloidal. Fuente: VAG.

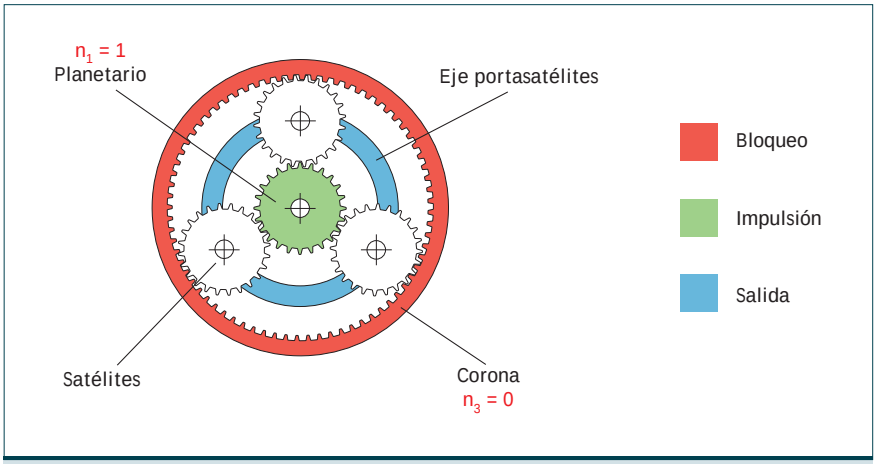
6.2 Tren epicicloidal.

Posición «N» (neutral)

Con la palanca selectora de cambio situada en la posición «N» el vehículo estará en punto muerto.

Segundo caso

La corona se encuentra frenada, el planetario recibe el movimiento del motor y la salida se realiza por el portasatélites (figura 6.4). El resultado es una relación de transmisión de gran desmultiplicación.



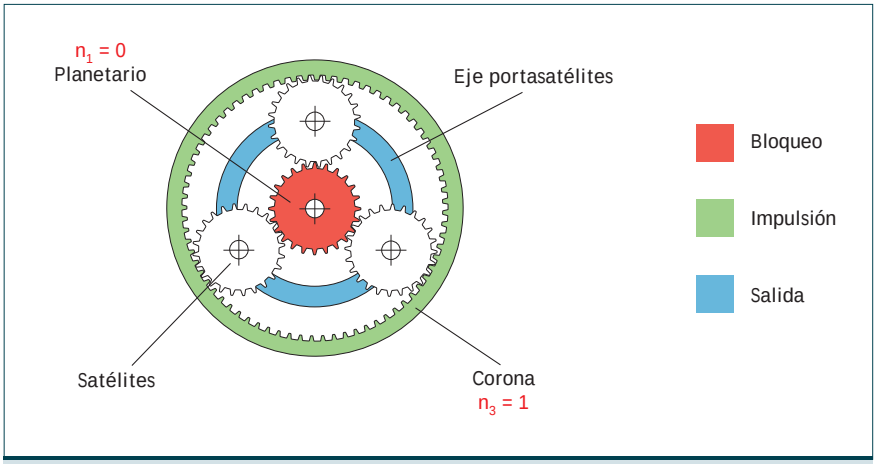
6.4 Esquema del segundo caso de transmisión de un tren epicicloidal. Fuente: VAG.

En el ejemplo, con $z_1 = 50$ dientes y $z_3 = 100$ dientes, resultaría:

$$n_2 = \frac{z_1}{z_3 + z_1} = \frac{50}{50 + 100} = \frac{1}{3}$$ vuelta por cada vuelta de motor

Tercer caso

El planetario se encuentra frenado, la corona recibe el movimiento del motor y la salida se realiza por el portasatélites (figura 6.5). El resultado es una relación de transmisión de pequeña desmultiplicación.



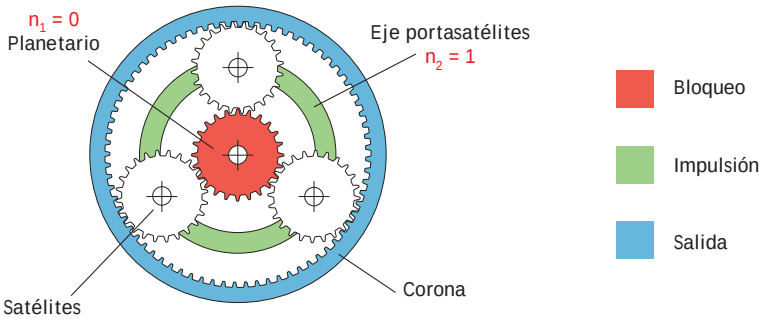
6.5 Esquema del tercer caso de transmisión de un tren epicicloidal. Fuente: VAG.

En el ejemplo, con $z_1 = 50$ dientes y $z_3 = 100$ dientes, resultaría:

$$n_2 = \frac{z_3}{z_3 + z_1} = \frac{100}{50 + 100} = \frac{2}{3}$$ vuelta por cada vuelta de motor

Cuarto caso

El planetario se encuentra frenado, el portasatélites recibe el movimiento del motor y la salida se realiza por la corona (figura 6.6). El resultado es una pequeña multiplicación del número de revoluciones.



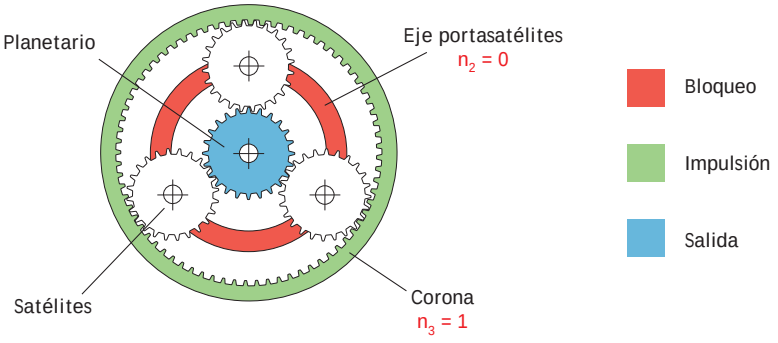
6.6 Esquema del cuarto caso de transmisión de un tren epicicloidal. Fuente: VAG.

En el ejemplo, con $z_1 = 50$ dientes y $z_3 = 100$ dientes, despejando:

$$1 = \frac{z_3 \cdot n_3}{z_3 + z_1} \Rightarrow n_3 = \frac{z_3 + z_1}{z_3} = \frac{50 + 100}{100} = \frac{3}{2} \text{ vueltas por vuelta de motor}$$

Quinto caso

El portasatélites se encuentra frenado, la corona recibe el movimiento del motor y la salida se realiza por el planetario (figura 6.7). El resultado es una inversión de giro.



6.7 Esquema del cuarto caso de transmisión de un tren epicicloidal. Fuente: VAG.

En el ejemplo, con $z_1 = 50$ dientes y $z_3 = 100$ dientes, resultaría:

$$0 = \frac{z_3 + z_1 \cdot n_1}{z_3 + z_1} \Rightarrow z_3 + z_1 \cdot n_1 = 0 \Rightarrow z_1 \cdot n_1 = -z_3 \Rightarrow n_1 = -\frac{z_3}{z_1}$$

$$n_1 = -\frac{100}{50} = -2 \text{ vueltas por cada vuelta de motor}$$

El resultado negativo

Un resultado negativo en el cálculo del número de vueltas indica la inversión del sentido de giro. Por lo tanto, con la configuración del quinto caso, en el tren de engranajes se obtiene una velocidad de marcha atrás.

3 >> Los elementos de frenado

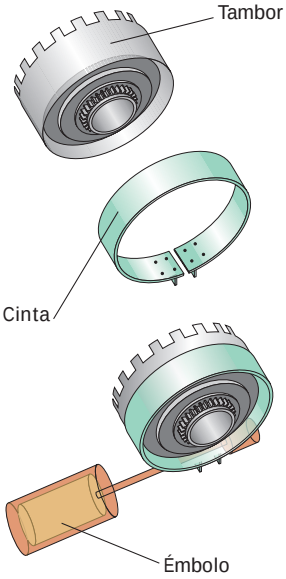
Los sistemas de control del cambio en las cajas de cambios automáticas están formados por un circuito hidráulico y un conjunto de elementos que realizan las acciones de frenado de las diferentes partes del tren epicicloidal para permitir el accionamiento de cada relación de transmisión.

Los principales elementos que se encargan de frenar los componentes del tren epicicloidal son la cinta de freno, el freno de disco, el embrague y la rueda libre de bloqueo.

3.1 > Cinta de freno

La cinta de freno consiste, básicamente, en una cinta metálica que rodea por la parte exterior a un tambor también metálico fijado al planetario de manera solidaria, o a la corona.

Cuando la cinta de freno se tensa, actúa sobre el tambor, inmovilizando el planetario, o bien sobre la corona, también inmovilizándola, y cambiando así, en ambos casos, la relación de transmisión. El tensado de la cinta se efectúa con un émbolo hidráulico estacionario (figura 6.8).



6.8 Funcionamiento de las cintas de freno.

3.2 > Freno de disco

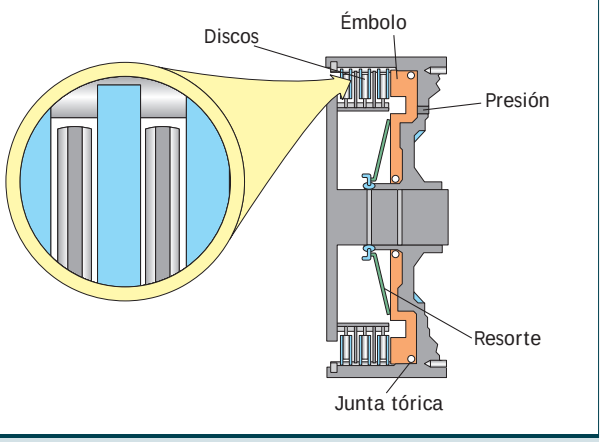
Los sistemas de frenos de disco se emplean para detener eficazmente los distintos elementos del tren epicicloidal. Probablemente este sea el sistema más utilizado.

Estos sistemas de freno disponen de dos tipos de discos diferentes:

- Los **discos interiores,** que están unidos solidariamente con el elemento de giro mediante unos salientes.
- Los **discos exteriores,** que permanecen fijos en contacto directo con la carcasa de la caja de cambios.

Los frenos se activan mediante un émbolo hidráulico que presiona a todo el conjunto de discos.

3.3 > Embrague



6.9 Embrague de fricción de un tren epicicloidal.

Los embragues de fricción que frenan los distintos elementos de los trenes epicicloidales son muy semejantes a los frenos de disco. Están formados por una serie de placas, la mitad de las cuales está fijada en un anillo exterior, llamado tambor metálico de embrague, solidario con el planetario, y la otra mitad lo está en el portasatélites.

Cuando, gracias al envío de presión hidráulica, se aprisionan entre sí los dos conjuntos de placas de los que dispone el embrague, se frenan el planetario y el portasatélites, lo que bloquea al tren epicicloidal proporcionando una transmisión directa (figura 6.9).

El estado del aceite es muy importante para la conservación tanto del embrague como de los frenos de disco.

3.4 > Rueda libre de bloqueo

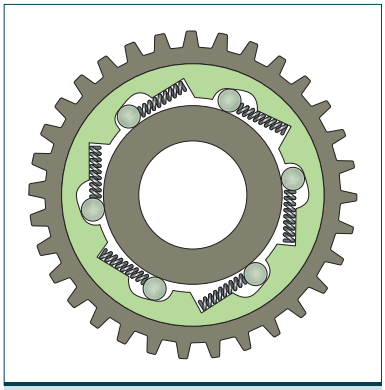
Las ruedas libres se utilizan en algunas cajas de cambios automáticas para bloquear alguno de los componentes del tren epicicloidal, con la peculiaridad de que este bloqueo de giro lo realizan solo en uno de los sentidos.

Existen varios tipos de ruedas libres: de rodillos, con cuerpos de apriete y de estacionamiento.

Rueda libre de rodillos

Entre el anillo interior y exterior de la rueda libre se encuentran unos rodillos de acero con unos muelles.

Como se observa en la figura 6.10, el conjunto que forman los muelles y las bolas permiten el giro a la izquierda, pero al realizar el giro a la derecha se bloquean.

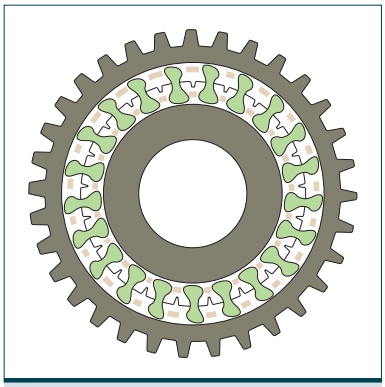


6.10 Rueda libre de rodillos.

Rueda libre con cuerpos de apriete

Su construcción es mucho más complicada que la de la rueda libre de rodillos y, para un mismo tamaño, permite una mayor transmisión de par de fuerza (figura 6.11).

Por la acción de la fuerza elástica los cuerpos de apriete están permanentemente accionados. En el sentido de marcha se quedan inmóviles en la posición de reposo, sin impedir la marcha libre. En el sentido contrario a la marcha, sin embargo, los cuerpos se levantan y producen el bloqueo instantáneo de la propia rueda.

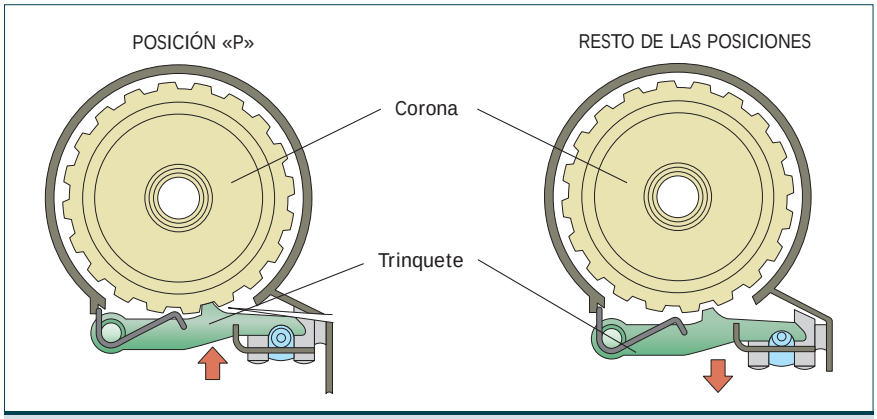


6.11 Rueda libre con cuerpos de apriete.

Rueda libre de estacionamiento

Esta rueda es un mecanismo que tiene como objetivo producir el enclavamiento total de la transmisión automática para inmovilizar completamente el vehículo. Su accionamiento se realiza cuando la palanca selectora de mando de la caja de cambios automática se lleva a la posición «P» *(parking)*.

La rueda de estacionamiento suele estar montada en el árbol de salida de la caja de cambios. Dispone de una corona de dentado cuadrado donde se fija un trinquete que se encarga de bloquearla, impidiendo así que el árbol gire y transmita el movimiento de la caja de cambios (figura 6.12).



6.12 Rueda de estacionamiento libre. Fuente: VAG.

4 >> Los trenes de engranajes epicicloidales

En las cajas de cambios automáticas se utilizan combinaciones de más de un tren epicicloidal. El número puede variar entre dos, tres, cuatro o hasta cinco engranajes epicicloidales, en función del número de marchas que genera la caja de cambios.

6.13 El Audi A8 posee un cambio automático de seis velocidades.

Las primeras cajas de cambios automáticas disponían de tan solo tres marchas hacia delante y una marcha inversora del giro, utilizada para el engranaje de la marcha atrás.

Las cajas más utilizadas hoy en día están compuestas por, al menos, cuatro marchas, aunque lo más habitual es encontrarse cajas de cinco o más velocidades.

Las disposiciones de los trenes de engranajes más frecuentes son:

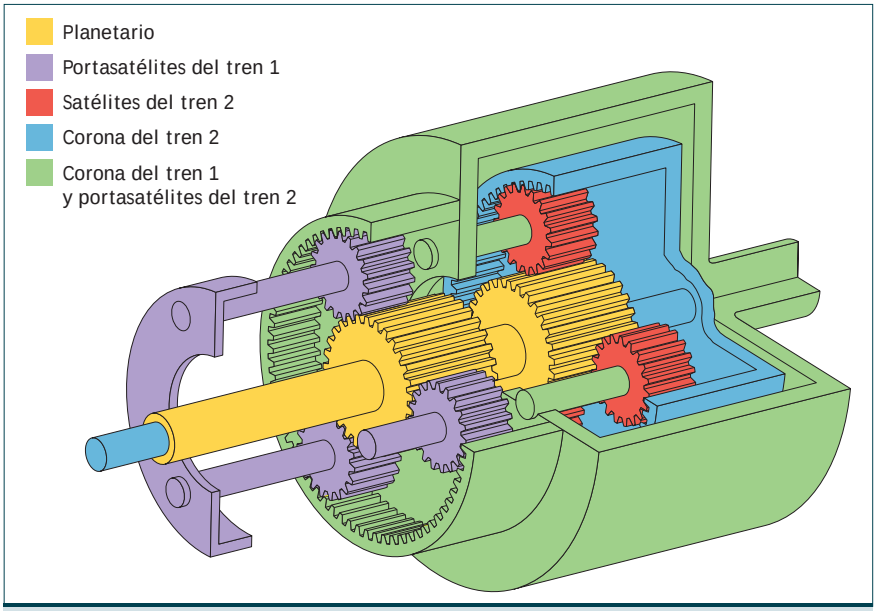
- Disposición de tipo Simpson
- Disposición de tipo Ravigneaux

4.1 > Disposición de tipo Simpson

La disposición de tipo Simpson está compuesta normalmente por dos trenes epicicloidales con un planetario común para ambos engranajes. El portasatélites de un tren, la corona del otro y el árbol primario están solidariamente unidos entre sí (figura 6.14).

La transmisión de las velocidades hacia delante se realiza siempre mediante las coronas.

Este tipo de trenes epicicloidales se utiliza cuando los cambios automáticos disponen de tres velocidades, por este motivo cada vez se monta menos.



6.14 Conjunto de trenes epicicloidales en disposición de tipo Simpson.

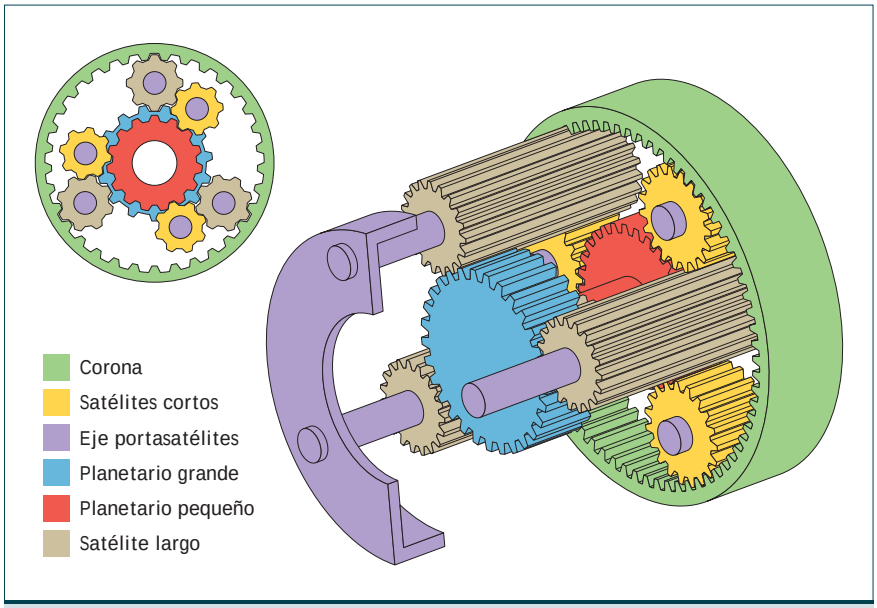
4.2 > Disposición de tipo Ravigneaux

La disposición de tipo Ravigneaux se compone normalmente de dos trenes epicicloidales, aunque puede estar formada por más para obtener un mayor número de relaciones de transmisión. Estos trenes constan de los siguientes elementos (figura 6.15):

- **Una corona,** encargada de proporcionar siempre la salida de la fuerza a la transmisión del resto del vehículo.
- **Dos planetarios** de distinto diámetro totalmente independientes.
- **Un portasatélites** con dos juegos de satélites completamente distintos:
  - Tres **satélites de longitud corta** y diámetro grande, que engranan directamente en el planetario de menor diámetro.
  - Tres **satélites de longitud larga** y diámetro pequeño, que engranan en un planetario de mayor diámetro y en los satélites cortos.

Con los trenes epicicloidales en esta disposición se pueden diseñar cajas de cambios con un mínimo de cuatro marchas hacia delante y una marcha atrás. Por este motivo esta disposición es, con diferencia, la más utilizadas en las cajas de cambios automáticas.

Además, los trenes epicicloidales de tipo Ravigneaux son los de tamaño más compacto.



6.15 Conjunto de trenes epicicloidales en disposición de tipo Ravigneaux.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Qué disposiciones de trenes epicicloidales se pueden utilizar para construir un cambio automático de tres marchas? ¿Y de seis marchas?

2·· ¿Qué elemento de la disposición de tipo Ravigneaux transmite la salida de la caja de cambios al resto del vehículo?

P Práctica 6

5 >> El circuito hidráulico

El fluido que utiliza el sistema hidráulico de la caja de cambios automática es el propio aceite del motor. Este fluido adquiere la presión de trabajo gracias a una bomba que lo impulsa a través del sistema.

El fluido hidráulico debe mantenerse a una determinada temperatura de funcionamiento para asegurar su correcto estado. Para ello se emplea un intercambiador de calor que utiliza el líquido refrigerante del motor.

Además, este fluido ha de cumplir los siguientes requerimientos:

- Efectuar acoplamientos en los elementos hidráulicos del cambio.
- Establecer los valores óptimos de fricción en los diferentes embragues y frenos del sistema, además de los del convertidor de par hidráulico.
- Engrasar las diferentes piezas rotatorias del cambio.
- Disipar el calor producido en la caja de cambios automática.
- Transportar los residuos subproducto originados por la fricción de los elementos.

5.1 > Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas utilizadas en las cajas de cambios automáticas son las encargadas de generar la presión de trabajo necesaria para hacer funcionar los diferentes elementos accionados por el fluido que impulsan.

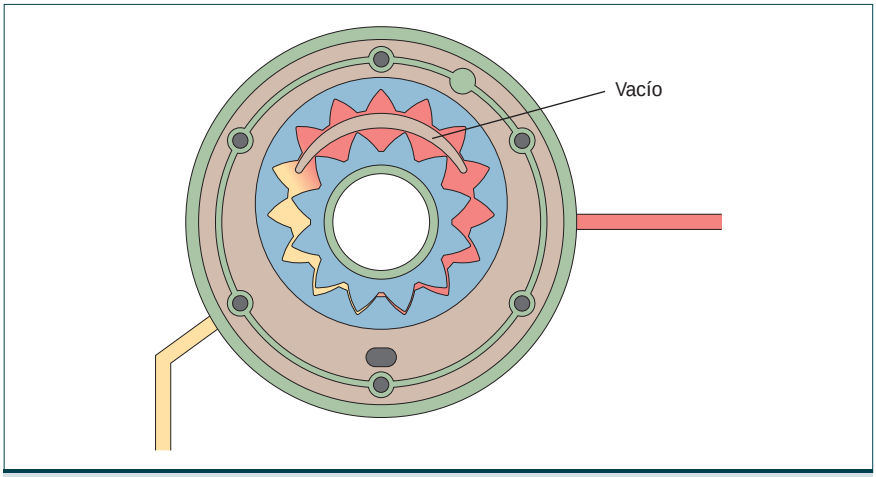
Estas bombas se accionan directamente por el propio motor de combustión del vehículo, que las hace operar a su mismo régimen de revoluciones.

El funcionamiento de la bomba es muy sencillo (figura 6.16): cuando empiezan a girar los engranajes por la acción del movimiento en el motor del vehículo, se crea un vacío que succiona el aceite del cárter y lo hace fluir por el interior de la bomba, impulsándolo hacia el circuito a través de los orificios de salida.

El sistema posee además una válvula reguladora de la presión máxima de servicio.

Las más utilizadas

Las bombas hidráulicas más utilizadas en los circuitos hidráulicos de los sistemas de cambio automático son las bombas de engranajes de tipo recto.



6.16 Esquema de la bomba hidráulica del sistema hidráulico de un cambio automático.

5.2 > Distribuidor hidráulico del cambio automático

El distribuidor hidráulico (figura 6.17) tiene como misión regular la presión de mando de acuerdo con las señales que recibe la unidad de control electrónica de la caja de cambios automática, es decir, es la central de mando para la presión del fluido hidráulico.

Se compone normalmente de varios niveles donde se alojan las válvulas que se destinan a comandar los distintos elementos hidráulicos y que son, a su vez, comandadas por la unidad de control electrónica. Además contiene las diferentes conducciones de fluido hidráulico.

Las válvulas son accesibles desde el exterior del distribuidor hidráulico para facilitar su desmontaje y sustitución en las intervenciones de mantenimiento. El dispositivo hidráulico del cambio, además de las conexiones eléctricas con la unidad de control electrónica, está unido mecánicamente a la palanca selectora del cambio a través de una corredera que sirve para seleccionar de forma manual la relación de transmisión o el modo de funcionamiento (automático o secuencial).

El conjunto hidráulico suele estar montado en la parte inferior del cambio automático. En ese caso, la caja de cambios también suele tener conducciones de fluido y el conjunto se protege con algunas tapas para evitar posibles proyecciones o golpes de elementos desde la calzada.

6.17 Distribuidor hidráulico del cambio automático.

5.3 > Las presiones en el sistema hidráulico

El sistema hidráulico utiliza el fluido con las diferentes presiones de funcionamiento que gestionan las válvulas reguladoras. Estas presiones se pueden clasificar en presión de trabajo, presión de válvula de conmutación, presión de válvula reguladora, presión moduladora, presión de mando y presión de engrase.

Presión de trabajo

La presión de trabajo es la más alta de todas en el sistema de mando hidráulico: se encuentra entre los 25 y los 30 bares. Esta presión se genera directamente en la bomba de hidráulica.

Dependiendo de la marcha que se vaya a acoplar, la presión de trabajo se distribuye a uno o varios elementos de la caja de cambios mediante las diferentes válvulas de conmutación.

Con una velocidad acoplada, la presión de trabajo se aplica al correspondiente elemento de freno del tren epicloidal que genera la relación de transmisión requerida.

Presión de válvula de conmutación

La presión de válvula de conmutación oscila entre 3 y 8 bares, y de su gestión se encarga la válvula reguladora de presión.

Esta presión alimenta las válvulas mecánicas del sistema. Las diferentes electroválvulas de conmutación regulan la presión circulante por la válvula de conmutación y tienen como objetivo controlar los elementos de freno del tren epicicloidal necesarios en el momento del cambio de marcha.

Presión de válvula reguladora

La presión de la válvula de regulación se gestiona a través de una electroválvula. Esta presión oscila entre 3 y 8 bares, y se utiliza como presión de mando.

Presión moduladora

La presión moduladora garantiza cambios de marchas suaves, fijándose su valor en función del par de fuerza requerido por el vehículo según las condiciones de uso.

La presión moduladora es controlada por la válvula de modulación, que es activada por la unidad electrónica del sistema de mando del cambio automático, de acuerdo a las señales de los diferentes sensores del motor.

Esta presión normalmente oscila entre 0 y 7 bares, e influye sobre el valor de la presión de trabajo gracias a la actuación de diferentes electroválvulas.

Presión de mando

La presión de mando, que varía entre 6 y 12 bares, es la utilizada durante el cambio de marcha sobre el elemento del tren epicicloidal que se debe frenar. Al acabar el proceso de acoplamiento de la marcha, la presión de mando cesa y el elemento de freno pasa a ser activado por la presión de trabajo.

La unidad de mando electrónica fija la presión de mando mediante la válvula de regulación.

Presión de engrase

El fluido hidráulico circula a través del convertidor de par, del radiador de aceite y de todos los puntos de lubricación de la caja automática.

La presión de engrase alimenta de presión hidráulica al convertidor de par, y varía entre 3 y 6 bares.

Esta presión es la más importante en cuestión de «vida útil» de la caja de cambios y es la primera que sufre una caída importante de no cumplirse en el sistema los siguientes requerimientos:

- Nivel correcto de fluido hidráulico.
- Estado óptimo del fluido hidráulico, que se recomienda cambiar cada 60 000 km.
- Buenas condiciones del filtro del aceite. Su sustitución está unida al cambio del fluido hidráulico y entra dentro del programa de mantenimiento del fabricante.

5.4 > Elementos hidráulicos del cambio

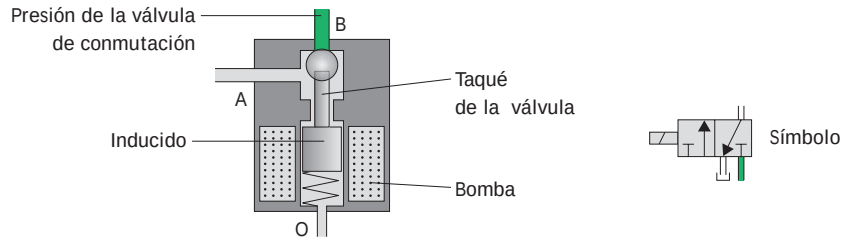
En el cambio automático con mando electrónico se utilizan electroválvulas que dejan pasar, en condiciones predeterminadas, el fluido hidráulico hacia los elementos de freno que realizan los cambios de marcha (embragues, frenos o cilindros de accionamiento de las cintas de freno) cuando reciben la señal de la unidad electrónica de mando.

A su vez, también existen las válvulas de conmutación que únicamente trabajan de forma hidráulica.

Electroválvulas de conmutación

Las electroválvulas de conmutación llevan la presión hidráulica a una válvula de conmutación. De esta forma se activan o desactivan los elementos de freno del cambio automático (figura 6.18):

- En **posición de reposo,** las electroválvulas de conmutación se encuentran cerradas por acción de la fuerza del muelle que poseen.
- En la **activación** de la electroválvula mediante la unidad de control electrónica, el inducido es movido hacia la posición O venciendo, de esta manera, la fuerza del muelle. El taqué abre el paso entre las posiciones B y A para liberar la presión que proviene de la válvula de conmutación, y cierra la salida para la presión cero.



6.18 Esquema de una electroválvula de conmutación.

Válvulas mecánicas de conmutación

El cometido de las válvulas de conmutación accionadas mecánicamente es exactamente el mismo que el de las electroválvulas de conmutación. La diferencia fundamental reside en el accionamiento o pilotaje de las mismas. En el caso de las mecánicas, el mecanismo de distribución interior, generalmente una corredera, es movido por presión hidráulica en lugar de disponer de un inducido alimentado por corriente eléctrica (figura 6.19):

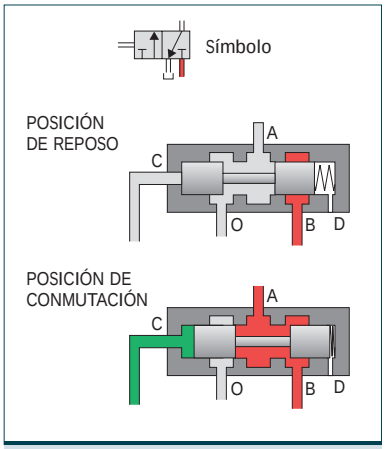
- En la **posición de reposo,** el rácor de trabajo está unido directamente con la misma salida para presión cero, por lo que los elementos del cambio quedan sin presión hidráulica.
- En la **posición de trabajo,** la presión de mando actúa en el empalme C, la presión B tiene paso al conducto A y la salida para presión cero está bloqueada. La salida D sirve sólo de orificio de expansión.

Las válvulas de conmutación son básicamente válvulas «de corredera», por lo que a menudo se designan como correderas o correderas de conmutación.

Denominación de válvulas

Las válvulas, tanto en neumática como en hidráulica, se clasifican por el número de orificios que poseen y las posiciones que pueden adoptar. Por ejemplo, una válvula 5/2 indica cinco orificios de trabajo y dos posiciones posibles de utilización.

También se puede indicar si en reposo una válvula deja pasar fluido (abierta) o no (cerrada).



6.19 Esquema de una válvula mecánica de conmutación.

Técnica

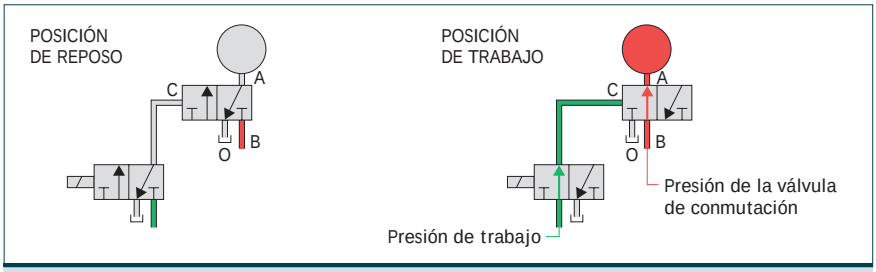
Verificación de las electroválvulas

•• Normalmente, las electroválvulas no se pueden reparar, por ello, el mal funcionamiento de una de ellas implica su sustitución. En ocasiones, y dependiendo del fabricante, las válvulas de la caja de cambios automática se pueden suplantar por unas completamente nuevas o por otras de sustitución.

Funcionamiento de la electroválvula de conmutación y la válvula de conmutación mecánica

En posición de reposo la electroválvula de conmutación no está excitada eléctricamente. En este momento no actúa ninguna presión de mando sobre la válvula; la salida para la presión denominada cero se encuentra abierta.

En la posición de acción o trabajo, la unidad de control electrónica envía corriente eléctrica a la electroválvula, activando el inducido y dando paso al fluido. Seguidamente, se mueve la corredera interior bloqueando la salida para presión cero y dejando así libre el empalme para la presión de trabajo. En ese instante la presión de trabajo actúa plenamente sobre el



6.20 Funcionamiento de la válvula y la electroválvula de conmutación.

Electroválvulas de regulación de la presión hidráulica

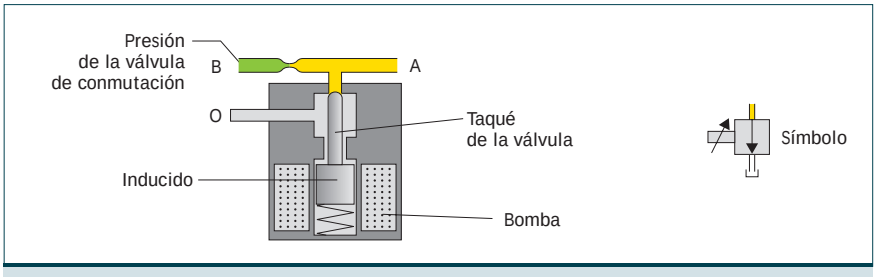
Estas válvulas no regulan la presión de fluido hidráulico de un elemento de freno del cambio, sino que proporcionan la presión de mando.

Al recibir la señal de la unidad electrónica de control, se activa el inducido y la válvula abre la salida para presión cero, y así, se consigue que la presión del fluido disminuya en A de forma rápida cuando la intensidad de la corriente eléctrica aumenta (figura 6.21):

- Intensidad baja de corriente = Presión alta
- Intensidad alta de corriente = Presión baja

Las electroválvulas de regulación se utilizan siempre en combinación con un estrangulador y se alimentan con presión hidráulica procedente de la válvula de regulación.

En el caso de disponer de una válvula mecánica de pilotaje hidráulico, su funcionamiento es exactamente el mismo, con la diferencia de que la fuerza que se opone al muelle es la del fluido hidráulico.

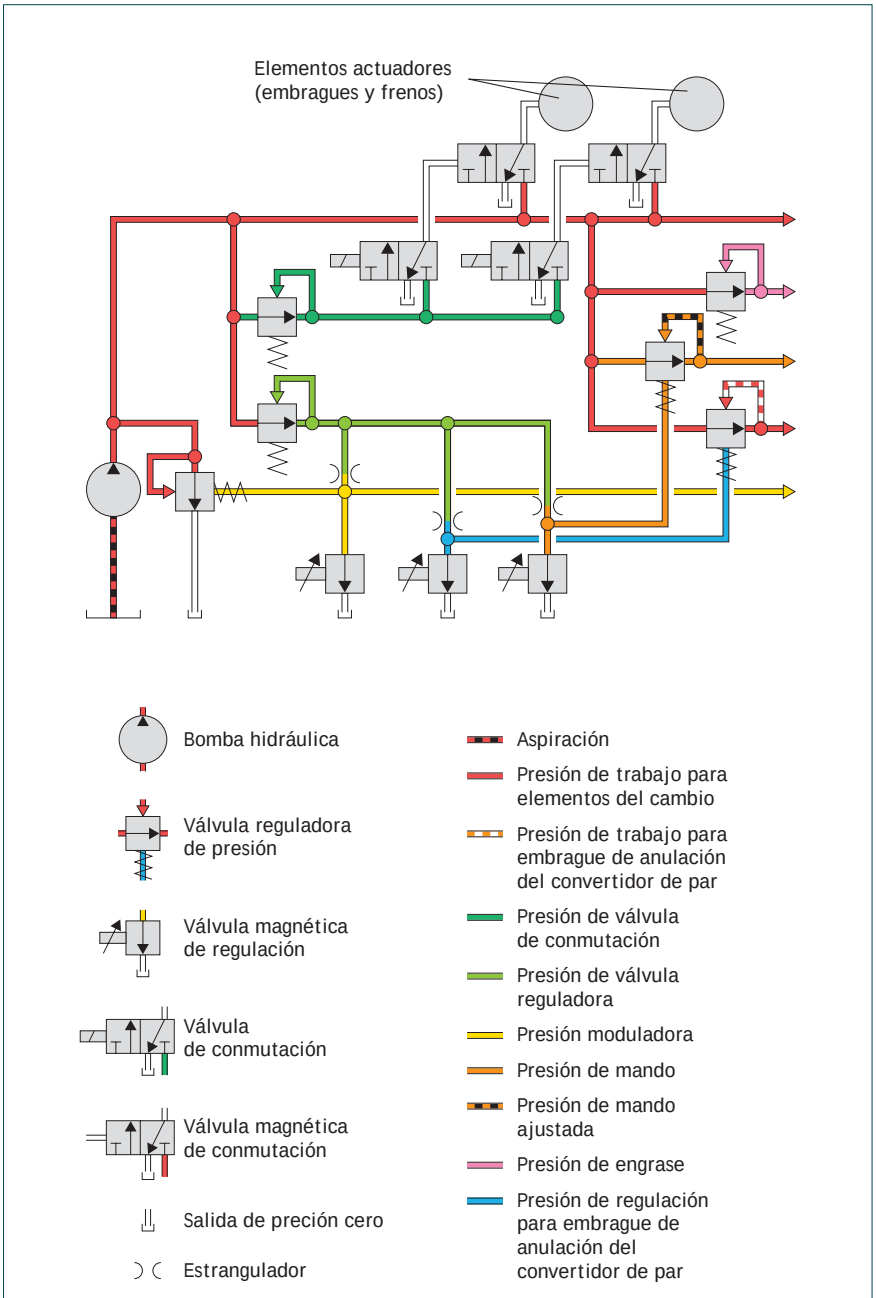


6.21 Esquema de una electroválvula de regulación.

5.5 > El esquema hidráulico de presiones

Un esquema hidráulico representa de forma sintética el sistema de mando de una caja de cambios automática. Para su interpretación, lo más recomendable es partir de un elemento que recibe presión y comprobar a qué elementos de trabajo se le proporciona dicha presión.

En la figura 6.22 se muestra un sistema muy simplificado del esquema hidráulico real de un cambio automático. En él se representan únicamente dos elementos actuadores del cambio.



6.22 Ejemplo de esquema hidráulico de presiones. Fuente: VAG.

6 >> Cajas de cambios automáticas con gestión electrónica

En las actuales cajas de cambios automáticas se ha introducido la gestión electrónica para optimizar y mejorar su funcionamiento, quedándose cada vez más relegadas las cajas de cambios de accionamiento puramente hidráulico.

Dicha gestión electrónica se lleva a cabo mediante determinados sensores y actuadores que desempeñan funciones muy diferentes.

6.1 > Los sensores

Los sensores tienen la misión de informar a la unidad de control electrónica de la caja de cambios automática de los parámetros necesarios del funcionamiento del vehículo, para que se realicen los cambios de marcha correctos según las necesidades de marcha y los requerimientos exigidos por el conductor.

Sensor de revoluciones de entrada a la caja de cambios

Este sensor informa a la unidad de control electrónica de las revoluciones de entrada en la caja de cambios automática.

Sensor de revoluciones de salida de la caja de cambios

Este sensor informa a la unidad de control electrónica de las revoluciones de salida de la caja de cambios.

Transmisor de revoluciones del árbol secundario

Este sensor informa a la unidad de control de las revoluciones del árbol secundario para, conjuntamente con otras señales, permitir a esta optar por mantener la velocidad o por cambiarla a una superior o inferior.

Los sensores de revoluciones de entrada, salida y árbol secundario, suelen ser inductivos.

Sensor multifunción

Este sensor permite seleccionar diferentes configuraciones del cambio: cambio secuencial, cambio automático, parada de estacionamiento, etc.

Sensor de temperatura

Este sensor transmite la temperatura del fluido hidráulico del cambio automático en todo momento y determina las condiciones de uso del mismo.

Si la temperatura de trabajo del fluido supera lo determinado por la unidad de control, puede entrar en fase degradada de trabajo, lo que anularía varias funciones. La temperatura de funcionamiento del fluido hidráulico está entre 80 y 110 °C. Si se mantiene encima de 140 °C, puede repercutir en pérdida de sus características.

Conmutador de presión de freno

Este sensor mide el pisado del pedal de freno para que la unidad de control realice la reducción de marchas adecuada y ayude así a la detención del vehículo.

6.2 > Los actuadores

Los actuadores tienen como objetivo realizar las acciones que indica la unidad de mando electrónica mediante señales eléctricas.

Electroimán para el bloqueo de la palanca selectora

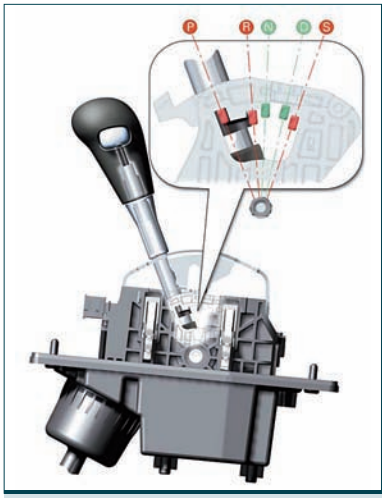
Como medida de seguridad, la palanca de cambios del sistema automático queda bloqueada en determinadas situaciones, como la parada o la inserción de la marcha atrás, si el conductor no pisa anteriormente el pedal de freno. Este electroimán es el encargado de realizar dicho bloqueo.

Electroválvulas de la caja de selección

Son las válvulas que actúan directamente sobre los elementos de frenado del tren epicicloidal dotándolos de presión hidráulica para realizar las combinaciones adecuadas para el acoplamiento de la marcha.

Relé para el bloqueo del arranque

Este relé bloquea el arranque si no está en la posición seleccionada de «P» *(parking),* o no permite apagar el motor del vehículo si no se encuentra en dicha posición «P».

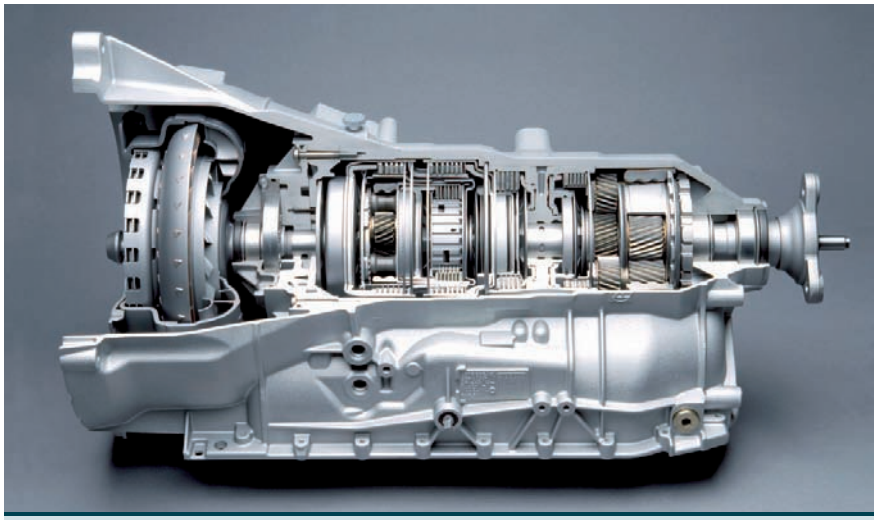


6.23 Esquema de una palanca de cambios de un sistema automático. Fuente: Audi.

6.3 > Componentes del sistema de diagnosis de la caja de cambios automática

Los principales componentes del sistema de diagnosis de la caja de cambios automática son los siguientes:

- Conector OBD. Es el conector de tipo universal encargado de comunicar la máquina de diagnosis con la unidad de control electrónica de la caja de cambios automática.
- Línea CAN-BUS. Se utiliza principalmente para la comunicación rápida de las solicitudes de cambio y gestión de marchas, pero los fabricantes actualmente dotan a los vehículos de esta línea para la transmisión de datos entre la unidad del cambio y la unidad de gestión del motor o viceversa.

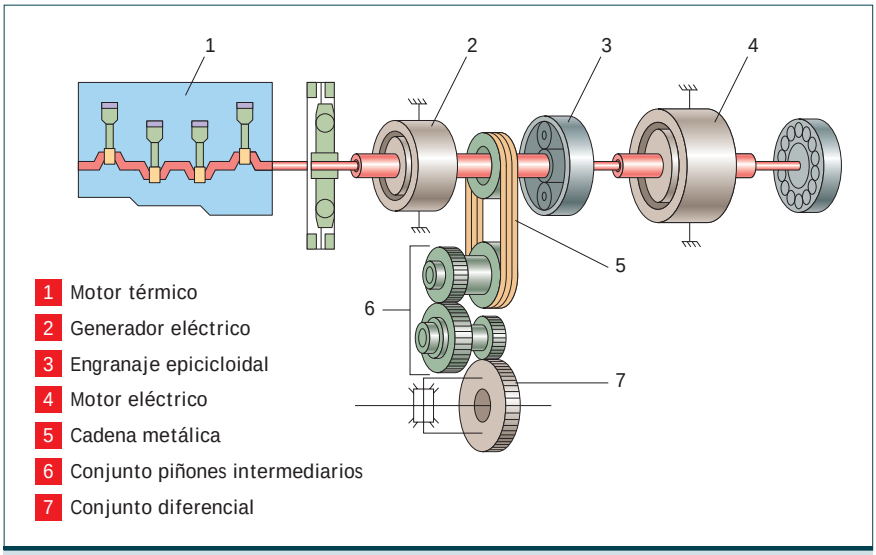


6.24 Caja de cambios automática de gestión electrónica.

7 >> Transmisión en vehículos híbridos

Se dice que un vehículo es híbrido cuando combina para su desplazamiento un motor de combustión, diesel o gasolina, y un motor eléctrico, que pueden trabajar independiente o conjuntamente, según los requerimientos de la marcha y el estado de carga de la batería del sistema eléctrico.

La transmisión en un vehículo híbrido es muy sencilla, ya que carece de caja de cambios (figura 6.25).



6.25 Esquema de un sistema de transmisión híbrido.

La parte central en la transmisión de un vehículo híbrido es el engranaje epicicloidal, también llamado planetario, desde donde se traslada el movimiento a los piñones intermediarios a través de una cadena transmisora metálica de funcionamiento muy silencioso dada su flexibilidad. Los piñones intermediarios tienen como objetivo transmitir el movimiento al conjunto diferencial, que va incorporado en el conjunto (figura 6.26).

El sistema de caja de cambios utilizado en los vehículos híbridos carece de elementos para engranar la marcha atrás. Esta se consigue, simplemente, invirtiendo el sentido del motor eléctrico a través de la palanca de cambios, que informa a la unidad de control del sistema de que invierta la polaridad y así se inicie el giro de las ruedas en sentido contrario.

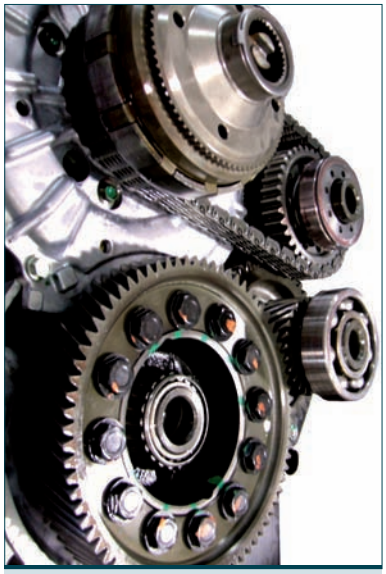
7.1 > Lubricación de la transmisión del conjunto híbrido

La lubricación en el conjunto de la transmisión híbrida es muy importante, ya que contiene elementos mecánicos en contacto constante. Por eso es imprescindible mantener el adecuado nivel de aceite y sustituirlo periódicamente según el programa de mantenimiento del fabricante.

El conjunto posee un tornillo de vaciado y un tornillo de llenado con sus correspondientes juntas de estanqueidad. Se considera que el nivel correcto en el conjunto se sitúa justo a la altura del tornillo de llenado.

El futuro

La tecnología híbrida se utiliza cada vez más para obtener vehículos menos contaminantes y menos dependientes del petróleo.



6.26 Cadena metálica y piñones intermediarios de una transmisión híbrida.

7.2 > Refrigeración del conjunto híbrido

Dado que el motor eléctrico y el generador de carga para la batería de alta tensión de los sistemas híbridos producen un enorme calor, este conjunto precisa de un sistema de refrigeración totalmente independiente al del motor de combustión.

La sustitución del líquido refrigerante se realiza según lo estipulado por el propio fabricante del vehículo.

7.3 > Ciclos de funcionamiento de un vehículo híbrido

El funcionamiento de un vehículo híbrido se puede dividir en cinco ciclos perfectamente diferenciados:

- **Primer ciclo.** El vehículo se encuentra parado. Si la batería está por debajo del 25% de carga, el motor de combustión se pone en funcionamiento para activar el generador eléctrico y recargarla.
- **Segundo ciclo.** En el inicio de la marcha, el vehículo se mueve solo con el motor eléctrico y, por tanto, con la energía de la batería.
- **Tercer ciclo.** A partir de que el vehículo supere los 50 km/h, deja de funcionar el motor eléctrico y comienza a actuar únicamente el motor de combustión.
- **Cuarto ciclo.** El vehículo realiza una gran aceleración. En esta situación entra en funcionamiento el motor eléctrico, que comienza a trabajar conjuntamente con el motor de combustión para conseguir un ahorro de combustible al disminuir el esfuerzo que debe realizar este último, obteniendo unas muy buenas prestaciones.
- **Quinto ciclo.** El vehículo decelera de forma brusca. En esta situación dejan de funcionar ambos motores y comienza a actuar el generador eléctrico para cargar la batería aprovechando el movimiento de inercia del vehículo. A este proceso se le denomina proceso activo de regeneración en la frenada.

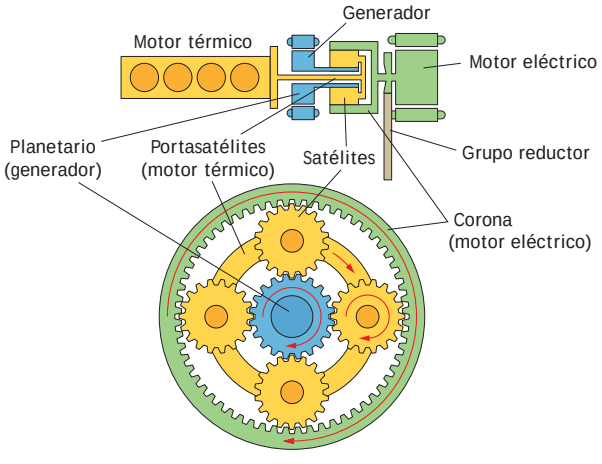
6.27 Motor eléctrico de un sistema híbrido.

7.4 > Engranaje epicicloidal o planetario

Este conjunto epicicloidal está compuesto por los mismos elementos que los de las cajas de cambio automáticas. Su diferencia reside en la carencia de frenos y embragues, ya que las distintas relaciones de transmisión se consiguen por la combinación del elemento impulsor y el eje de salida. En este conjunto, cada uno de los elementos es impulsado por (figura 6.28):

- El motor eléctrico, que impulsa a la corona.
- El motor de combustión, que impulsa al conjunto portasatélites.
- El generador de corriente, que impulsa al planetario.

Así se consiguen tres relaciones de transmisión totalmente diferentes entre sí, en función del elemento que impulse en cada momento el vehículo híbrido.



6.28 Esquema del engranaje epicicloidal del sistema de transmisión híbrido.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿De qué tipo pueden ser los mandos de accionamiento de una caja de cambios automática?

2·· ¿Cuál es la ventaja fundamental de los engranajes epicicloidales frente a los engranaje de tipo helicoidal?

3·· ¿De qué está compuesto un engranaje epicicloidal?

4·· ¿Cuáles son los principales sistemas de mando para el frenado de los diferentes elementos de un tren epicicloidal?

5·· Explica cómo actúan las cintas de frenado de los trenes epicicloidales.

6·· ¿Cuál es la base del funcionamiento de los frenos de disco que se utilizan en las cajas de cambios automáticas?

7·· ¿Qué misión tiene la rueda libre para el estacionamiento del vehículo y cómo funciona?

8·· ¿Qué tipo de trenes epicicloidales son los más habituales? Indica cuáles son las particularidades de cada uno de ellos.

9·· ¿Qué objetivo tiene la bomba hidráulica en el circuito de mando de una caja de de cambios automáticas? ¿Qué elemento la mueve?

10·· ¿Qué misión tiene el distribuidor de presión hidráulica de una caja de cambio automática?

11·· Indica las presiones de mando más importantes que utiliza el circuito hidráulico de una caja de cambios automática.

12·· ¿Qué entiendes por presión de trabajo en una caja de cambios automática?

13·· En una caja de cambios automática, describe las siguientes presiones:

a) Presión moduladora b) Presión de mando c) Presión de engrase

14·· ¿Cuáles son los motivos más importantes por los que se utiliza cada vez más la gestión electrónica en las cajas de cambios automáticas?

15·· ¿Qué misión tienen los sensores de las cajas de cambios automáticas? Indica cuáles son y describe brevemente la función de cada uno de ellos.

16·· ¿De qué elementos está compuesta la transmisión de un vehículo híbrido?

17·· Explica de forma muy breve el funcionamiento de la transmisión en vehículos híbridos.

.: APLICACIÓN :.

1·· Busca en Internet o en los manuales de los fabricantes cajas de cambios automáticas de última generación y realiza un esquema con las ventajas de cada una de ellas.

2·· En un vehículo que posea una caja de cambios automática con gestión eléctrica, identifica cada uno de los sensores estudiados en la unidad.

Caso final

Proceso de diagnosis de una caja de cambos automática

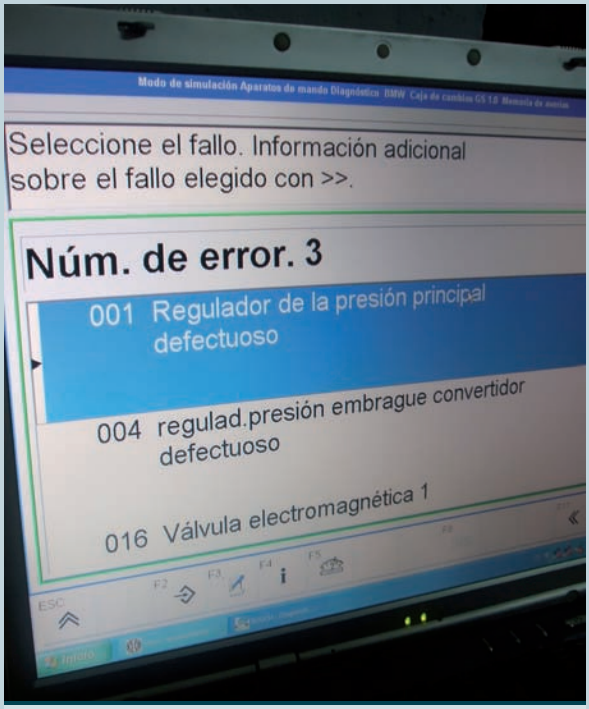
•• Realiza la diagnosis de una caja de cambios de gestión electrónica que acaba de llegar a tu taller para comprobar si existe alguna avería.

Solución ••

Para realizar una correcta diagnosis de la caja de cambios automática seguimos los siguientes pasos:

1. Identificamos el conector OBD en el vehículo (figura 6.29).
2. Introducimos el conector de la máquina de diagnosis en el conector OBD.
3. Con el contacto del vehículo activado, encendemos la máquina de diagnosis, debido a que ésta se alimenta eléctricamente del vehículo a través del conector OBD.
4. En la máquina de diagnosis, entramos en el apartado de comprobación y diagnosis de la caja de cambios automática, donde podemos verificar (figura 6.30):
   - El nivel del fluido hidráulico de la caja de cambios y su temperatura.
   - Los códigos de avería, si existen.
   - El accionamiento selectivo de los diferentes actuadores.
   - Las señales de accionamiento, así como sus valores.

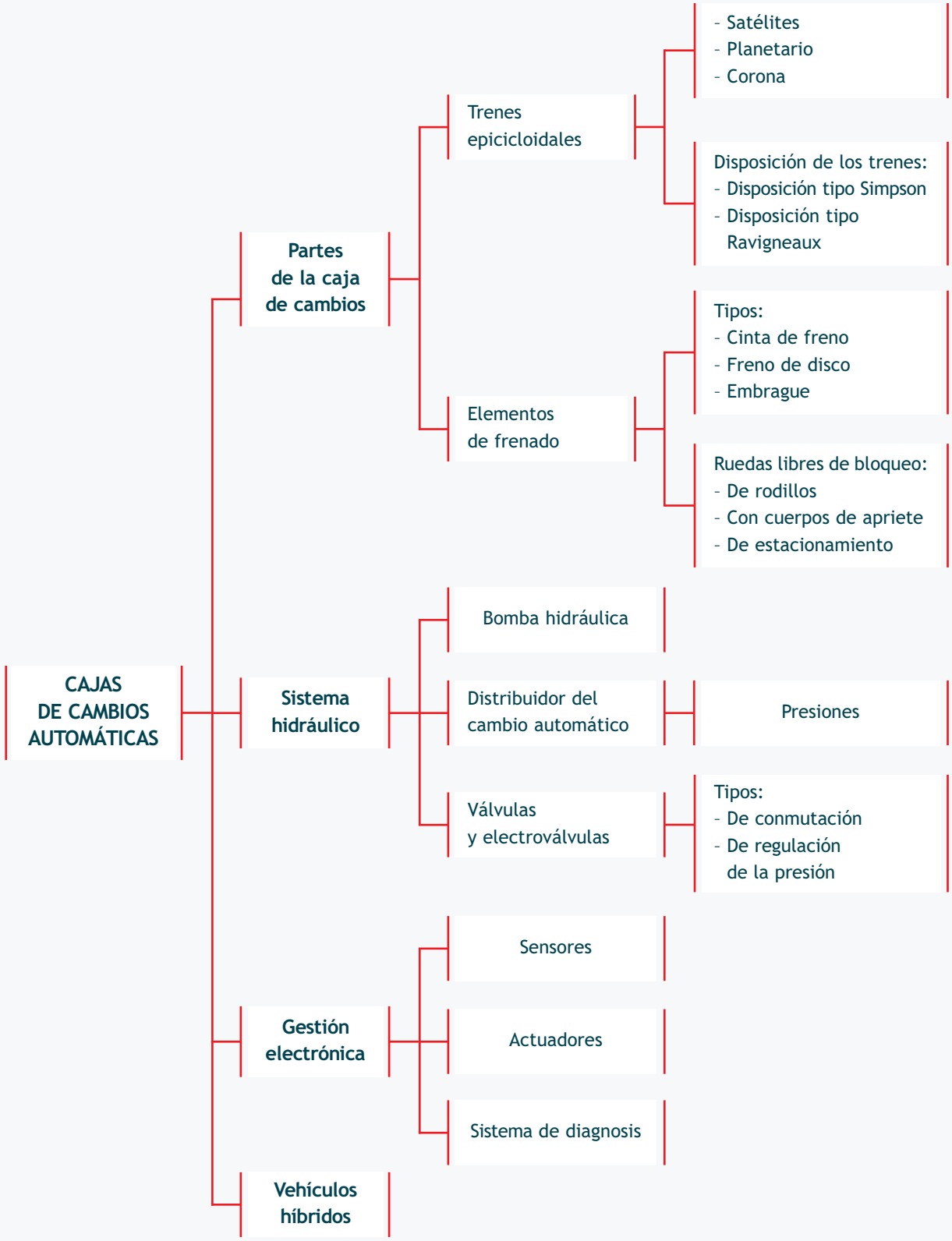
6.29 Conector OBD.



6.30 Realización del proceso de diagnosis.

5. Si se percibe un funcionamiento incorrecto en la transición de las marchas, procederemos al análisis del fluido hidráulico, comenzando por los kilómetros de uso y terminando con el análisis químico en el taller mediante un kit de comprobación suministrado por el fabricante, para analizar la densidad, la calidad y los posibles porcentajes de otras sustancias perjudiciales.

Ideas clave


CAJAS DE CAMBIOS AUTOMÁTICAS
Partes de la caja de cambios
Trenes epicicloidales
- Satélites
- Planetario
- Corona
Disposición de los trenes:
- Disposición tipo Simpson
- Disposición tipo Ravigneaux
Elementos de frenado
Tipos:
- Cinta de freno
- Freno de disco
- Embrague
Ruedas libres de bloqueo:
- De rodillos
- Con cuerpos de apriete
- De estacionamiento
Sistema hidráulico
Bomba hidráulica
Distribuidor del cambio automático
Presiones
Válvulas y electroválvulas
Tipos:
- De conmutación
- De regulación de la presión
Gestión electrónica
Sensores
Actuadores
Sistema de diagnosis
Vehículos híbridos

7G-TRONIC: primera caja de cambios automática de siete velocidades para turismos

Los modelos Mercedes ganarán en sobriedad y brío con la primera caja de cambios automática de siete marchas del mercado destinada a turismos. Además, la nueva transmisión aumenta el confort a la hora de cambiar de marcha. Bautizada 7G-TRONIC, la nueva caja automática estará incluida como equipo de serie en los modelos E 500, S 430, S 500, CL 500 y SL 500, reemplazando a la actual caja automática de cinco velocidades. Según el modelo considerado, la caja de cambios automática de siete relaciones permite ahorrar hasta 0,6 l de combustible a los 100 km. La aceleración de 0 a 100 mejora, en algunos casos en 0,3 segundos, y entre 60 y 120 km/h las recuperaciones son más brillantes. Además, los cambios de marcha son aún más suaves que con la actual caja automática. La utilización de siete marchas hace que las caídas de régimen entre las marchas sean más pequeñas, lo que repercute en una desmultiplicación óptima, que permite al procesador electrónico realizar cambios de marcha más espontáneos disminuyendo el régimen de giro medio del motor.

Cambio de marchas más rápido

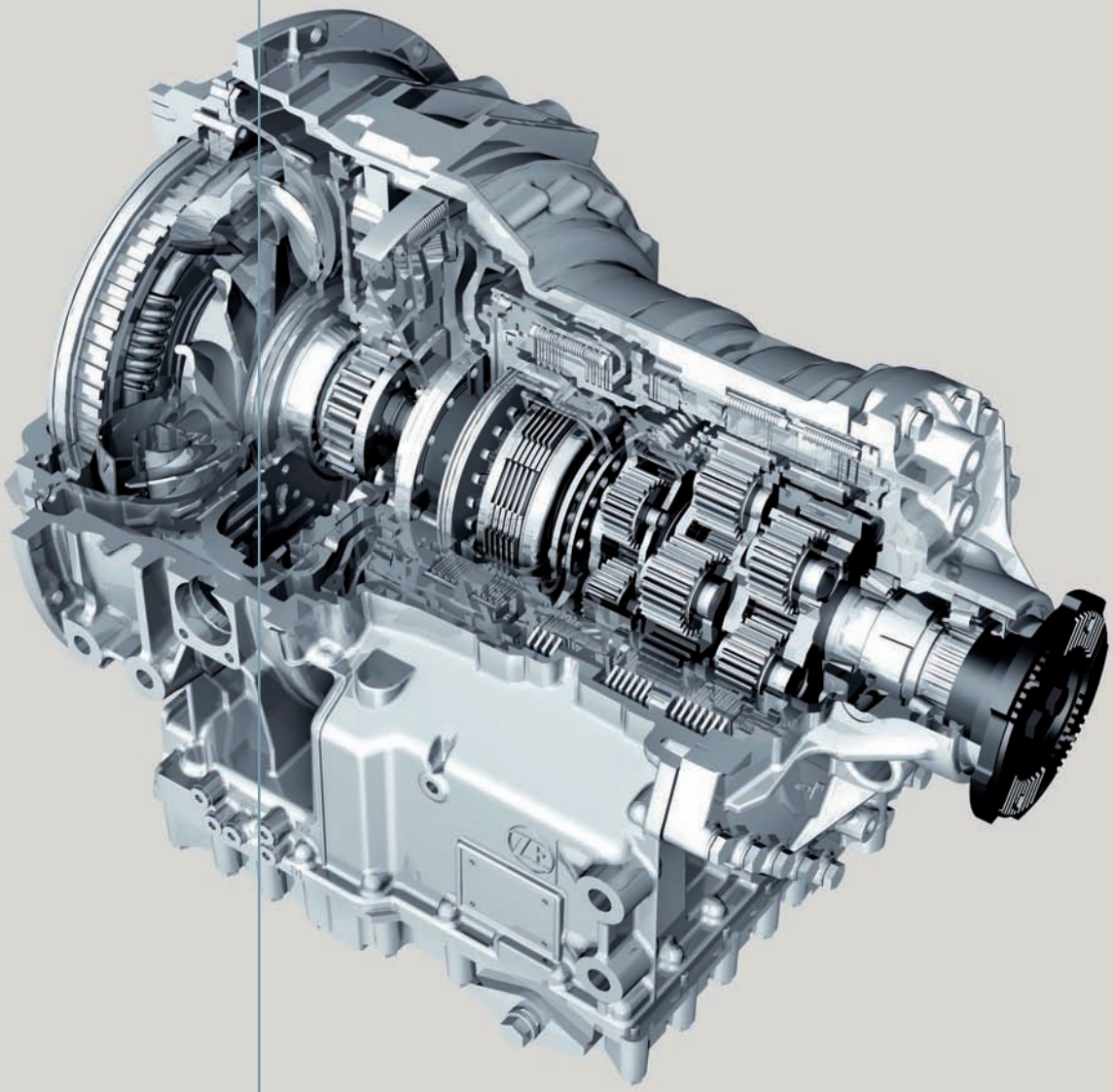
En una reducción de marchas rápida pisando a fondo el acelerador (función *«Kick down»*), las marchas no cambian consecutivamente. La nueva caja 7G-TRONIC puede agrupar los cambios de marcha de dos en dos y en el caso de tener que reducir de 7ª a 3ª puede saltar de 7ª a 5ª y de 5ª a 3ª, en lugar de pasar por todas y cada una de las relaciones. De esta forma se reduce notablemente el tiempo en seleccionar la marcha más conveniente, ya que el cambio sólo efectúa dos operaciones en lugar de cuatro.

También ha mejorado la calidad del cambio de una marcha a otra, siendo ahora más suave y rápido, haciéndose imperceptible en las marchas más altas.

Once millones de cajas de cambios automáticas fabricadas desde 1959

La 7G-TRONIC constituye la quinta generación de cajas de cambios automáticas fabricadas por Mercedes-Benz y perpetúa una larga tradición: desde 1959, la marca de la estrella ha construido más de once millones de cajas de cambios automáticas. Mientras que el cambio automático forma parte del equipo de serie de la Clase S, un 88% de clientes de la Clase E optan por un cambio automático, en tanto que en las berlinas, los familiares y los coupés de la Clase C el cambio automático se monta en un 65% de las unidades.

www.autoglobal.com
5 de septiembre de 2003



unidad 7

Mantenimiento de las cajas de cambios automáticas

SUMARIO

- Comprobaciones en las cajas de cambios automáticas
- Averías en las cajas de cambios automáticas
- Averías en el sistema de transmisión de un vehículo híbrido

OBJETIVOS

- Conocer las comprobaciones básicas que deben realizarse en las cajas de cambios automáticas.
- Identificar las averías que suelen generarse en las cajas de cambios automáticas y en los sistemas de transmisión de los vehículos híbridos.

1 >> Comprobaciones en las cajas de cambios automáticas

Es importante conocer las comprobaciones más usuales que se realizan en las cajas de cambios automáticas para poder determinar la procedencia de las averías.

A continuación se detallan algunas de las pruebas más habituales que se realizan para llevar a cabo estas comprobaciones.

1.1 > Prueba en carretera o dinámica

Esta comprobación se realiza circulando con el vehículo de forma normal por la carretera e intentando apreciar posibles funcionamientos defectuosos que guíen al operario en el diagnóstico de las averías (figura 7.1).

Antes de comenzar la prueba, se recomienda comprobar el nivel del fluido hidráulico. Durante la prueba, se debe observar lo siguiente:

- Si el vehículo circula a altas velocidades pero tiene escasa aceleración, puede deberse al resbalamiento del acoplamiento de la rueda libre o a una falta de fluido hidráulico en el convertidor de par.
- Si se aprecian leves golpeteos en la caja de velocidades, es probable que procedan de los diferentes embragues, cintas de freno o acoplamientos mediante ruedas libres. Se intentará sustituir el aceite para minimizar estos golpeteos y se comprobará si existe alguna actualización de la gestión electrónica del cambio que elimine esta avería.
- Si se escuchan golpeteos muy fuertes, probablemente será necesario efectuar el desmontaje de la caja de cambios para proceder a una reparación general de la misma.

7.1 Prueba en carretera.

1.2 > Comprobación con la palanca de cambios en posición «1»

Esta comprobación se utiliza para determinar la presión hidráulica en la inserción de la primera velocidad al iniciar la marcha del vehículo y poder compararla con la indicada por el fabricante.

El procedimiento de comprobación se realiza de la siguiente forma:

1. Se conectan los manómetros de presión en los orificios indicados en el manual de reparación del fabricante. Para poder conectar el manómetro, tendremos que aflojar los tornillos de registro que este posee.
2. Se arrancar el motor en la posición «P» *(parking).*
3. Se desplaza la palanca selectora del cambio a la posición «1» de forma manual.
4. A continuación se lee la presión indicada en el manómetro en función del aumento de revoluciones.
5. Las lecturas obtenidas se comparan con los valores indicados por el fabricante en los distintos regímenes de revoluciones.

7.2 Situación de la varilla de comprobación del nivel de aceite de la caja de cambios automática.

1.3 > Comprobación del fluido del sistema hidráulico

Para el correcto funcionamiento de la caja de cambios automática es fundamental el nivel adecuado de su fluido hidráulico:

- Un **nivel bajo** de fluido hidráulico en la caja de cambios automática propicia que la bomba hidráulica aspire aire, lo que hace que se formen burbujas, convirtiendo al líquido en compresible. Esto genera presiones bajas e irregulares que causan un mal funcionamiento de la caja de cambios y posibles daños permanentes.
- Un **nivel de líquido excesivo** puede causar un mal funcionamiento de la caja de cambios automática, ya que los propios engranajes baten en exceso el fluido hidráulico y se crea así una espuma que produce las mismas condiciones de presión que el bajo nivel de líquido, volviéndose compresible. Además también se puede crear y una sobrepresión en la carcasa que podría desembocar en la rotura de algún retén o junta de estanqueidad.

El análisis del estado del fluido hidráulico también es muy importante. Cuando dicho fluido huela a quemado o esté sucio con partículas metálicas procedentes de la fricción de materiales, es necesario comprobar que no está contaminado con otros fluidos como el líquido refrigerante del motor. En este caso se deberá proceder a una revisión total del funcionamiento de la caja de cambios.

En cajas de cambios automáticas es muy recomendable utilizar siempre fluidos hidráulicos del tipo exacto que recomiende el fabricante para asegurar de esta forma el funcionamiento óptimo del sistema.

Técnica

Comprobación del nivel del fluido hidráulico de la caja de cambios automática

•• Para realizar una correcta comprobación del nivel de aceite en el sistema hidráulico de una caja de cambios automática, seguimos los siguientes pasos:

1. El proceso de puesta a nivel se realiza en las posiciones «P» *(parking)* o «N» *(neutral)* de la palanca selectora del sistema.
2. Conectamos la máquina de diagnosis al conector OBD del vehículo.
3. Arrancamos el vehículo, situado sobre una superficie completamente nivelada, y mantenemos el motor de combustión en funcionamiento a velocidad de ralentí al menos durante un minuto.
4. La temperatura de trabajo del fluido hidráulico debe estar entre 80 y 85 °C, lo que comprobaremos con la máquina de diagnosis.
5. En el momento en que el fluido hidráulico alcance la temperatura óptima de trabajo, apagamos el motor de combustión.
6. Extraemos la varilla de medición y la limpiamos.
7. Volvemos a introducir totalmente la varilla y, seguidamente, la extraemos de nuevo para comprobar el nivel de fluido hidráulico. Es conveniente que la varilla esté siempre en posición vertical para no falsear la medida.
8. Si el nivel es bajo, se debe añadir fluido hidráulico y si supera el valor se deberá de extraer la cantidad necesaria.

Detección de fugas de fluido hidráulico

Para detectar las posibles fugas de fluido del sistema hidráulico, se le añaden aditivos colorantes que facilitarán la detección de estas fugas. Una vez añadidos, se deben recorrer entre 50 y 100 km con el vehículo para realizar una correcta comprobación, ya que de esta forma se podrán detectar más fácilmente las posibles fugas.

Comprobación del estado del fluido hidráulico

Una avería bastante común es la aparición de restos de líquido refrigerante en el fluido de la caja de cambios automática.

Este problema se suele deber a pérdidas en el intercambiador de temperatura que incorporan las cajas de cambios automáticas para mantener su fluido hidráulico dentro de unas temperaturas óptimas de funcionamiento, evitando que este se recaliente en exceso y pierda sus características.

El principal síntoma de este tipo de averías es la aparición de unos pequeños tirones durante la marcha del vehículo. De no ser reparado este problema, la intensidad de los tirones aumentará hasta llegar a perder capacidad de transmisión.

La verificación de esta avería consiste en analizar los contaminantes en el fluido hidráulico, buscando posibles restos de líquido refrigerante. Para ello, los fabricantes suministran un kit de comprobación de impurezas que facilita esta verificación.

Estos kits contienen unas tiras de papel microporoso que se deben bañar con un líquido reactivo que, en contacto con el fluido hidráulico, reacciona rápidamente. Si existe presencia de refrigerante en dicho líquido hidráulico, la tira cambiará de color.

Técnica

Reparación en caso de aparición de refrigerante en el fluido hidráulico

•• Si detectamos que el fluido hidráulico presenta líquido refrigerante, deberemos proceder de la siguiente manera:

1. Debemos sustituir el intercambiador de temperatura, ya que los fluidos se han comunicado debido a las pérdidas que este sufre. Es importante realizar una limpieza después de cambiar las piezas dañadas por la avería.
2. Una vez cambiados todos los elementos, debemos realizar, al menos, dos lavados del convertidor de par y de la caja de cambios para eliminar por completo los restos de aceite contaminado. Para ello sustituimos el fluido hidráulico del cambio automático por un fluido de limpieza que contiene unos aditivos detergentes que limpian el conjunto de cambio. Es importante tener en cuenta que no se debe circular con el vehículo mientras la caja de cambios contenga este fluido detergente.
3. Después de realizar las diferentes limpiezas, eliminamos el fluido detergente, añadimos el nuevo fluido hidráulico y hacemos funcionar el vehículo en carretera, accionando cada una de las marchas para que dicho fluido se distribuya correctamente.

1.4 > Comprobación de la presión de mando

La prueba de presión de mando es una comprobación muy importante en el diagnóstico de las cajas de cambios automáticas. Este tipo de pruebas normalmente orientan sobre la causa de la mayor parte de los problemas de estas cajas de cambios, y su realización es básica para un diagnóstico de averías seguro.

Antes de comenzar la comprobación, se deben tener en cuenta las siguientes pautas:

- Es necesario la verificación del nivel correcto y el estado adecuado del fluido hidráulico del sistema.
- El fluido hidráulico debe estar a una temperatura de funcionamiento mínima de 65 °C y máxima de 94 °C. Por encima o por debajo de estas temperaturas, se aconseja no realizar la prueba. Esta temperatura nos la indicará la máquina de diagnosis.

El procedimiento para llevar a cabo la comprobación de la presión de mando se compone de los siguientes pasos:

7.3 Máquina de diagnosis conectada a un vehículo.

1. Conectar la máquina de diagnosis en el conector OBD para observar la velocidad del vehículo y la temperatura del fluido hidráulico.
2. Subir el vehículo con el elevador, de tal forma que las ruedas motrices queden libres para que puedan girar en el aire.
3. Conectar los manómetros de presión a los orificios de registro para realizar la comprobación.
4. Arrancar el motor de combustión. Si el fluido hidráulico no está a la temperatura mínima para la comprobación, se deja que alcance como mínimo los 65 °C.
5. Colocar la palanca de cambios en la posición «D» y acelerar el motor hasta el régimen de cambio de velocidades.
6. Anotar las presiones del manómetro en la inserción de las distintas velocidades. En los sistemas de inyección actuales no se puede regular el régimen de revoluciones con la máquina de diagnosis, con lo cual se procederá a realizar la prueba con el vehículo a ralentí elevado.
7. Comparar las presiones anotadas con las indicadas por el fabricante en el manual de reparación.

Si el vehículo dispone de un tipo de relación de cambios «confort», es aconsejable activar esta opción para que el régimen de revoluciones en el cambio de marcha sea menor.

Como medida de seguridad, conviene instalar un extractor de humos en el tubo de escape, ya que la comprobación se realiza en un recinto cerrado, como es el taller de reparación. De no disponerse de un extractor, se deberán abrir todas las ventanas para incrementar la capacidad de ventilación del taller.

2 >> Averías en las cajas de cambios automáticas

El mal funcionamiento de una caja de cambios automática suele deberse a cinco causas generales:

1. Rendimiento inadecuado del motor de combustión.
2. Ajustes incorrectos en el montaje de la caja de cambios automática.
3. Funcionamiento incorrecto del sistema hidráulico de mando.
4. Funcionamiento incorrecto de los componentes mecánicos, como los elementos de bloqueo de las partes del tren epicicloidal.
5. Funcionamiento incorrecto de los componentes electrónicos en los sistemas de mando electrohidráulicos.

Es muy importante conocer las averías más comunes que se pueden dar en una caja de cambios automática.

Como en el resto de los casos, en el diagnóstico de los problemas que surjan en la caja de cambios automática, siempre se debe comenzar por la verificación de los componentes según las indicaciones del manual de reparaciones del fabricante.

2.1 > Recalentamiento de la caja de cambios

Este síntoma consiste en que se genera una temperatura demasiado elevada del conjunto del cambio automático, que se trasfiere al habitáculo y provoca menor retención en el vehículo al decelerar, e irregularidades en el cambio al seleccionar las diferentes relaciones.

Las causas de este problema suelen ser las siguientes:

- **Intercambiador de temperatura obstruido.** Se resuelve procediendo a la limpieza o sustitución de dicho intercambiador.
- **Presión hidráulica demasiado baja,** por lo que debe verificarse la presión del líquido en los orificios de prueba. Esta avería se suele reparar sustituyendo la bomba del sistema hidráulico.
- **Nivel de líquido hidráulico bajo.** Se debe rellenar la transmisión hasta el nivel correcto.
- **Bomba hidráulica averiada.** La solución es reemplazar dicha bomba.

2.2 > Dificultad para el rellenado del sistema hidráulico

Al realizar la tarea de reposición o llenado del sistema hidráulico, el fluido no accede a la caja de cambios, sino que se expulsa por el mismo orificio de llenado.

Los motivos principales por los que suele aparecer este problema son los siguientes:

- **Filtro del fluido hidráulico de la caja de cambios obstruido,** por lo que debe sustituirse.
- **Fluido hidráulico con aire.** En este caso se debe proceder a la sustitución completa del fluido hidráulico.
- **Nivel del fluido hidráulico muy alto,** lo que debe corregirse siguiendo las especificaciones que se encuentran en el manual de reparación que facilita el fabricante.

Las nuevas averías

La electrónica se ha introducido por completo en la gestión de las cajas de cambios automáticas, lo que ha añadido otras causas de posibles averías.

2.3 > Acoplamiento duro desde la posición «N» (neutral) a «D» (directa)

Los síntomas de este tipo de averías se aprecian cuando el vehículo se encuentra parado y se va a iniciar la marcha. Al situar la palanca selectora en la posición «D», en el momento del acople de dicha marcha, se percibe algún tipo de ruido o vibración.

Este problema suele deberse a lo siguiente:

7.4 Palanca de accionamiento de un cambio automático.

- **Velocidad de ralentí del motor de combustión demasiado alta.** Para resolverlo se debe establecer la velocidad de ralentí correcta. Con los sistemas de inyección actuales, el ralentí no se puede regular de forma mecánica, por lo se debe diagnosticar la avería y proceder a la sustitución del elemento afectado.
- **Funcionamiento incorrecto del cuerpo de válvulas distribuidoras** de la presión hidráulica, para lo que se deben inspeccionar dichas válvulas y sustituir las defectuosas.
- **Mal estado del fluido hidráulico.** Para resolverlo se debe sustituir el fluido hidráulico por completo y el filtro del sistema.
- **Presión hidráulica demasiado alta.** Debe verificarse la presión del líquido en los orificios de comprobación con un manómetro. Lo más común es que el filtro instalado no sea el correcto, en cuyo caso se debe sustituir por otro apropiado.

2.4 > Cambio ascendente de velocidades incontrolable

Este problema se basa en que el vehículo cambia a velocidades superiores sin que se cumplan las condiciones de revoluciones y par adecuadas. Como consecuencia, el vehículo comienza a perder potencia, velocidad, e incluso llega a detenerse. Al mismo tiempo pueden aparecer tirones durante el funcionamiento normal.

Los motivos de este problema suelen ser los siguientes:

- **Presión hidráulica demasiado baja.** Se debe verificar la presión del líquido en los orificios de prueba. Este problema suele deberse al mal funcionamiento de la bomba hidráulica, en cuyo caso se debe procede a su sustitución.
- **Funcionamiento incorrecto del cuerpo de válvulas distribuidoras.** En este caso, deben inspeccionarse dichas válvulas distribuidoras, y sustituirse las defectuosas.
- **Nivel del fluido hidráulico bajo,** lo que se resuelve rellenando el depósito hasta el nivel correcto.
- **Filtro del fluido hidráulico obstruido o deteriorado,** por lo que debe reemplazarse. También es recomendable la sustitución completa del fluido hidráulico.
- **Burbujas de aire en el fluido hidráulico.** En este caso se deben reemplazar dicho fluido y el filtro del sistema.

2.5 > No se realiza la inserción ascendente de las velocidades

En este caso, el vehículo no selecciona velocidades superiores aun cuando las condiciones de velocidad, par o revoluciones del motor de combustión así lo determinen.

Los motivos de este problema suelen ser los siguientes:

- **Presión hidráulica demasiado baja.** Debe verificarse la presión del líquido en los orificios de prueba con la ayuda de un manómetro. Se resuelve sustituyendo completamente la bomba de presión hidráulica.
- **Nivel de líquido hidráulico bajo,** por lo que se debe rellenar la transmisión hasta el nivel correcto.
- **Pérdidas de fluido hidráulico.** Se deben detectar las fugas con la ayuda de aditivos colorantes y repararlas posteriormente.

2.6 > No se realiza la inserción descendente de las velocidades

En este caso, la velocidad seleccionada no se desacopla ni se produce el efecto de reducción con la caja de cambios, provocando, además, una conducción insegura.

Este problema suele estar causado por lo siguiente:

- **Funcionamiento incorrecto del cuerpo de válvulas distribuidoras** de la presión, para lo que se deben inspeccionar dichas válvulas y sustituir las defectuosas.
- **Presión hidráulica demasiado alta.** Debe verificarse la presión del líquido en los orificios de comprobación, y el estado del fluido hidráulico y del filtro del sistema. Para subsanarlo se debe sustituir el elemento que se encuentre en malas condiciones.

2.7 > Cambios irregulares de las diferentes velocidades

Los cambios de marcha no se realizan de forma suave, pudiendo llegar a producirse leves tirones o irregularidades en la marcha del vehículo.

Este problema puede estar causado por:

- **Presión hidráulica demasiado baja,** por lo que debe verificarse la presión del líquido en los orificios de prueba. Esta avería se puede deber a una obstrucción del filtro del sistema o al desgaste de la bomba hidráulica. En estos casos se sustituirá el elemento averiado.
- **Funcionamiento incorrecto del cuerpo de válvulas distribuidoras de presión,** para lo que se deben inspeccionar dichas válvulas y sustituir las defectuosas.
- **Nivel de líquido hidráulico bajo.** Se debe rellenar la transmisión hasta el nivel correcto.
- **Bomba hidráulica averiada,** que debe sustituirse.
- **Fluido hidráulico no aconsejado por el fabricante del vehículo,** por lo que se procederá a la sustitución completa del fluido y el filtro.

7.5 Muchas de las comprobaciones en las cajas de cambio automáticas se realizan con manómetros como este.

7.6 Engranaje epicicloidal.

2.8 > No hay transmisión en las posiciones de marcha hacia delante

Al seleccionar la posición «D», o la de cualquier marcha hacia adelante, no se produce la salida de potencia del vehículo, lo que impide el comienzo de la marcha.

Los motivos más habituales de este problema son:

- **Nivel de fluido hidráulico bajo,** por lo que se debe rellenar la transmisión hasta el nivel correcto.
- **Elementos de frenado del tren epicicliodal averiados.** Se resuelve sustituyendo los elementos afectados.
- **Trenes de engranajes epicicloidales rotos o agarrotados,** que deberán sustituirse.
- **No existe presión hidráulica.** Se debe verificar la presión hidráulica de mando con un manómetro. Para resolverlo será necesario sustituir la bomba de presión hidráulica, o el filtro, si se detecta que se ha producido una obstrucción del mismo.

2.9 > El vehículo avanza estando en posición «N» (neutral)

7.7 Convertidor de par.

En la posición neutral «N», o de punto muerto, el vehículo avanza de forma lenta, en lugar de permanecer en reposo.

En la mayoría de los casos, este problema suele estar provocado por lo siguiente:

- **Funcionamiento incorrecto del cuerpo de válvulas distribuidoras** de la presión, para lo que se deben inspeccionar dichas válvulas y sustituir las defectuosas.
- **Mal funcionamiento del convertidor de par,** que puede estar causado por lo siguiente:
  - Fallo de la válvula de suministro del fluido hidráulico al convertidor de par. Esta avería se resuelve sustituyendo dicha válvula.
  - Agarrotamiento de la rueda libre del convertidor de par. Para repararlo, se debe sustituir completamente dicho convertidor de par, ya que este elemento no admite reparaciones parciales.

2.10 > Existe ruido en la caja de cambios automática

En el momento de engranar una marcha o de acelerar el motor, y durante su funcionamiento, se escuchan ruidos en la caja de cambios.

Este problema suele estar provocado por el desgaste de los trenes de engranajes epicicloidales, o por encontrarse sus dientes marcados.

Este tipo de averías se resuelven reemplazando los engranajes defectuosos por otros nuevos.

3 >> Averías en el sistema de transmisión de un vehículo híbrido

Existen averías en los sistemas de transmisión híbridos que son específicas de este tipo de vehículos.

3.1 > Bloqueo del vehículo

Este síntoma ocurre cuando el vehículo no logra iniciar la marcha, encontrándose completamente bloqueado.

Los motivos más habituales de este problema son los siguientes:

- **Avería del bloqueo de la transmisión híbrida en posición «P»** *(parking).* Para resolverlo, se debe proceder a la sustitución del elemento de bloqueo que no se encuentre en buenas condiciones.
- **Avería en los componentes eléctricos de la palanca selectora.** Se repara sustituyendo completamente la palanca selectora.

7.8 Palanca selectora de un vehículo híbrido.

3.2 > Ruidos procedentes de la transmisión

Durante la marcha normal del vehículo, se aprecian zumbidos de mayor o menor frecuencia.

Este problema suele deberse, principalmente, a alguna de las causas que se indican a continuación:

- **Holgura en los cojinetes de apoyo.** Se deberán sustituir los cojinetes afectados por otros nuevos.
- **Desgaste prematuro o marcado de los engranajes.** En este caso se deberán sustituir los engranajes afectados.
- **Nivel bajo de aceite en la transmisión híbrida,** por lo que se debe rellenar el circuito hasta el tornillo de llenado.

3.3 > El vehículo permanece inmóvil

En vehículo no comienza la marcha pero no permanece bloqueado, ya que se puede mover empujándolo.

Las principales causas de este problema en un sistema híbrido suelen ser las siguientes:

- **Rotura completa de la cadena transmisora.** Para realizar la reparación hay que sustituir dicha cadena transmisora por otra nueva.
- **Avería en la palanca selectora** a la hora de seleccionar el modo «D». En este caso se debe sustituir completamente la palanca selectora.
- **La unidad de control está averiada.** Para reparar esta avería se sustituye esta unidad por otra nueva o se reprograma con una actualización.
- **El motor eléctrico está averiado.** En este caso se debe proceder a la sustitución completa de dicho motor por otro nuevo.

7.9 Desmontaje de la transmisión de un vehículo híbrido.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Explica la realización completa de la prueba de presión de mando.

2·· ¿Cuándo se considera que la temperatura de trabajo del fluido hidráulico de una caja de cambios automática es la correcta?

3·· La formación de espuma en el fluido hidráulico de una caja de cambios automática, ¿qué puede producir?

4·· ¿Para qué se utilizan tintes en el fluido hidráulico de una caja de cambios automática?

5·· ¿Qué puede ocasionar un nivel incorrecto de fluido hidráulico en una caja de cambios automática?

6·· Indica cuáles son las cinco causas generales que suelen provocar las averías de las cajas de cambios automáticas.

7·· ¿A qué se suele deber el recalentamiento de la caja de cambios automática?

8·· Explica brevemente cuáles son las causas que provocan los siguientes problemas en los vehículos con cajas de cambios automáticas:

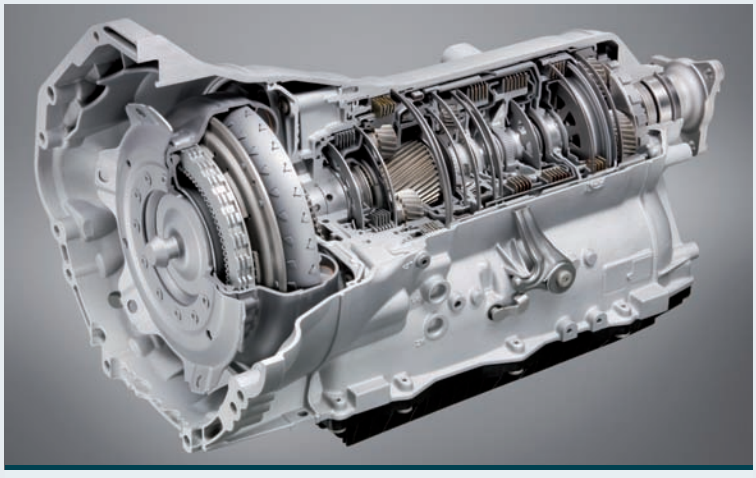
a) Existe dificultad para el llenado del sistema hidráulico.
b) El vehículo avanza en punto muerto.
c) El cambio de velocidades se realiza de forma irregular.
d) La caja de cambios automática produce ruidos.
e) Se sobrecalienta la caja de cambios.

9·· Indica cuáles son las averías que suelen presentar más habitualmente las transmisiones de los vehículos híbridos.

.: APLICACIÓN :.

1·· Busca en el manual de reparación de una caja de cambios automática las características técnicas exigidas por el fabricante en la utilización de fluidos hidráulicos.

2·· Realiza la verificación de la presión de mando en un vehículo dotado de una caja de cambios automática.



7.10 Caja de cambios automática.

Caso final

Comprobación del estado del fluido hidráulico del cambio automático

•• Comprueba el estado del fluido hidráulico del sistema de cambios automáticos de un vehículo que presenta síntomas de retrasos en la inserción de las marchas y una mala transición entre ellas.

Solución ••

En este caso, lo primero que tenemos que comprobar es que el nivel del fluido hidráulico de la caja de cambios es el correcto (figura 7.11).

Si esto es así, procedemos a la comprobación del estado de dicho fluido. Para ello, nos ayudaremos de un kit de comprobación (figura 7.12) que proporcionan los fabricantes de las cajas de cambio a sus talleres.

Comenzamos el proceso recogiendo una pequeña muestra del fluido hidráulico de la caja de cambios automática en un recipiente. Dicho recipiente debe estar completamente limpio y exento de cualquier agente químico.

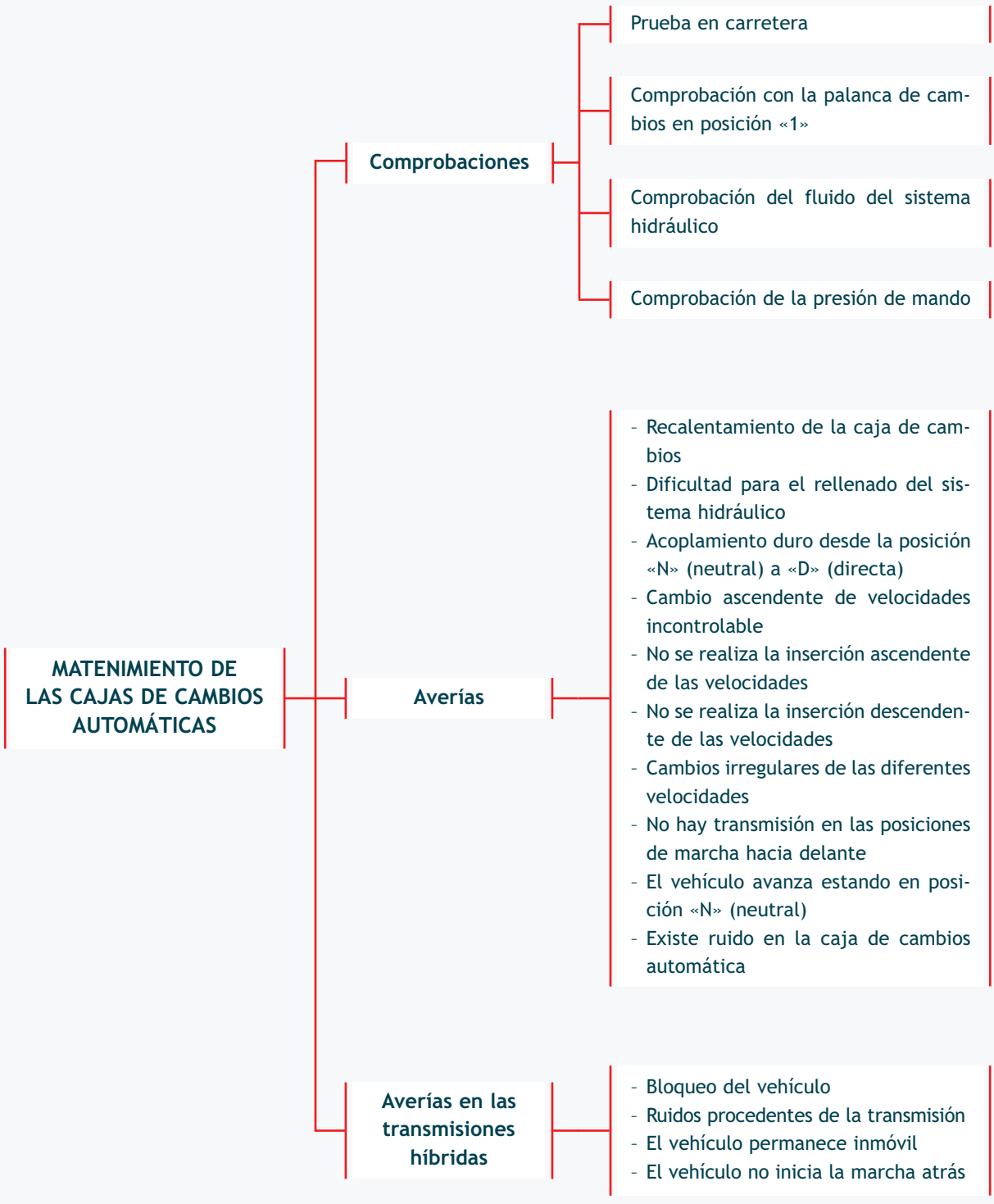
A continuación, utilizamos el kit como explica el fabricante en su manual de reparación; mediante unos reactivos de que dispone este kit, obtenemos el nivel de impurezas que contiene el fluido hidráulico analizado. Las impurezas más comunes son la presencia de líquido refrigerante, ácidos, agentes químicos o fluidos no recomendados por el fabricante del vehículo.

Otra función que realiza el kit de comprobación es analizar la calidad del propio fluido hidráulico, ya que es totalmente aconsejable la utilización de fluidos recomendados por el fabricante, ya que, de lo contrario, se puede propiciar un mal funcionamiento de la caja de cambios automática.

7.11 Extracción de la varilla de comprobación del nivel de fluido hidráulico de una caja de cambios automática.

7.12 Kit de comprobacón del fluido eléctrico.

Ideas clave


MATENIMIENTO DE LAS CAJAS DE CAMBIOS AUTOMÁTICAS
Comprobaciones
Prueba en carretera
Comprobación con la palanca de cambios en posición «1»
Comprobación del fluido del sistema hidráulico
Comprobación de la presión de mando
Averías
- Recalentamiento de la caja de cambios
- Dificultad para el rellenado del sistema hidráulico
- Acoplamiento duro desde la posición «N» (neutral) a «D» (directa)
- Cambio ascendente de velocidades incontrolable
- No se realiza la inserción ascendente de las velocidades
- No se realiza la inserción descendente de las velocidades
- Cambios irregulares de las diferentes velocidades
- No hay transmisión en las posiciones de marcha hacia delante
- El vehículo avanza estando en posición «N» (neutral)
- Existe ruido en la caja de cambios automática
Averías en las transmisiones híbridas
- Bloqueo del vehículo
- Ruidos procedentes de la transmisión
- El vehículo permanece inmóvil
- El vehículo no inicia la marcha atrás

Toyota Land Cruiser 2005

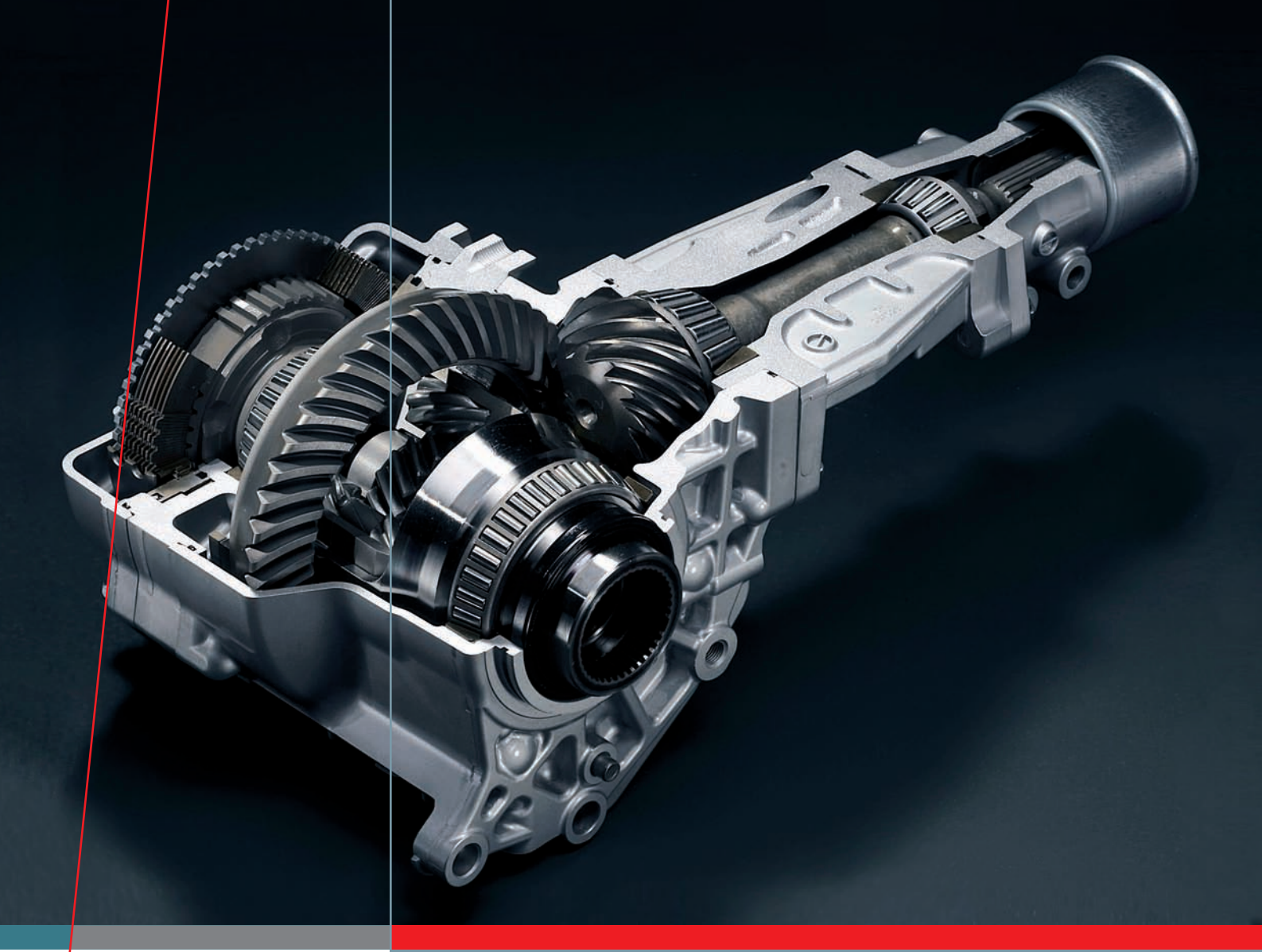
Nueva caja de cambios automática de cinco velocidades

Ahora, el motor diesel D-4D de 3.0 litros incorpora, como opción, una caja de cambios automática de cinco velocidades que es estándar en el motor de gasolina V6 de 4.0 litros. Su construcción es ligera y compacta, con un peso tan sólo un 1% superior al de la caja de cambios de cuatro velocidades que sustituye (en el caso de la versión 4.0 V6). Resulta, asimismo, más suave y eficaz que antes, gracias a la adopción de una electroválvula lineal en la caja de válvulas de la caja de cambios. Esto hace posible la generación de un aumento más gradual de la presión de trabajo cuando hay que responder a las demandas de la ECU del motor, lo que supone una reducción en el choque cuando se efectúan los cambios de las velocidades.

Asimismo se ha añadido al sistema de bloqueo del convertidor actual un sistema de bloqueo flexible nuevo que permite al embrague de bloqueo del convertidor mantener una situación de semi-aplicación estable, aumentando así la gama de actuación de dicho embrague con la consiguiente mejora en el rendimiento del combustible. Otro desarrollo significativo es la adopción del control AI-SHIFT para la ECU de la caja de cambios. Este control utiliza inteligencia artificial (AI) para adaptar el programa de cambios a las condiciones de la carretera y las instrucciones procedentes del conductor. El AI-SHIFT recoge datos tales como el ángulo de apertura del acelerador, la velocidad del vehículo, la velocidad del motor, el funcionamiento del freno y la aceleración del vehículo y, según sean estos, adapta el patrón de cambios de la forma correspondiente. Además, reconoce cuándo el vehículo está subiendo o bajando una pendiente y estima las intenciones del conductor a partir del comportamiento dinámico del vehículo y la posición del pedal del acelerador.

Los resultados totales son impresionantes. Cuando se combina con el motor D-4D de 3.0 litros, la nueva caja de cambios automática de cinco velocidades de Toyota aporta un 10% de mejora en la aceleración, así como un 12,5% de mejora en la economía de combustible en comparación con la actual caja de cambios automática de cuatro velocidades.

Fuente: www.micoche.com



unidad 8

El diferencial

SUMARIO

- Partes, funcionamiento y reglajes del diferencial convencional
- Otros diferenciales
- La caja reductora-transferencia

OBJETIVOS

- Comprender el funcionamiento de un diferencial convencional.
- Saber los reglajes necesarios para el mantenimiento de un diferencial convencional.
- Conocer los diferenciales de bloqueo manual, autoblocantes, de tipo Torsen y de tipo Ferguson.
- Comprender la caja reductora-transferencia.

1 >> El sistema diferencial

Los sistemas diferenciales se encargan de adaptar el giro de las ruedas motrices en las curvas, asegurando su estabilidad y buen funcionamiento.

Por tanto, un sistema diferencial cumple dos misiones muy importantes:

- Distribuir entre las ruedas el movimiento que les llega.
- Proporcionar una reducción de revoluciones, que se complementa a la vez con las reducciones de la propia caja de velocidades, para adaptar así el número de revoluciones del motor a las ruedas del vehículo.

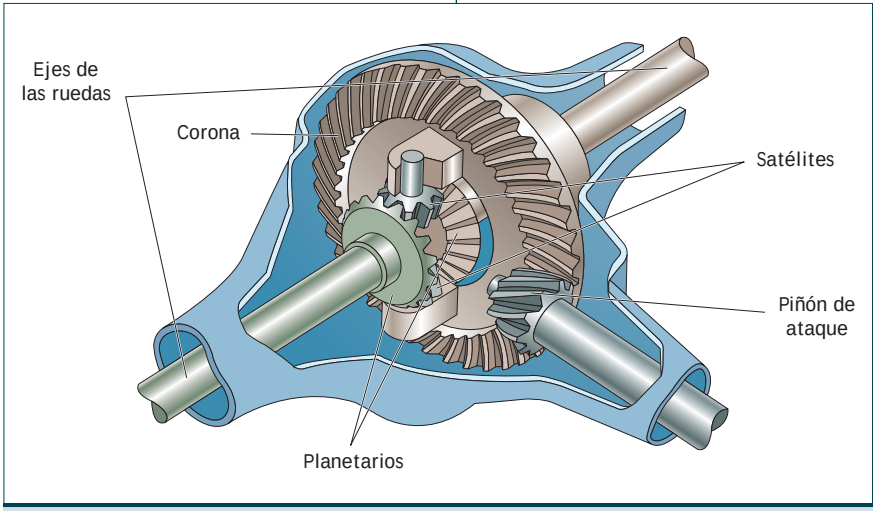
Los sistemas diferenciales son de obligado montaje en los vehículos actuales.

8.1 Diferencial desmontado.

1.1 > Constitución del diferencial convencional

Los diferenciales convencionales están formados por los siguientes elementos (figura 8.2):

- **Piñón de ataque:** recibe el movimiento del motor y lo transmite a la corona.
- **Corona:** está fijada a un elemento denominado jaula donde están acoplados los satélites y los planetarios.
- **Planetarios:** ubicados en la parte estriada de los ejes de las ruedas.
- **Satélites:** están engranados a los planetarios. Junto a estos son los encargados de transmitir el movimiento a los ejes de las ruedas.



8.2 Partes de un diferencial convencional.

>> Casos prácticos

Cálculo de la relación de transmisión de un diferencial

•• Calcula la relación de transmisión (R_t) que se desarrolla entre el piñón (conductor) y la corona (conducido) de un diferencial que tengas en el taller.

Solución ••

Para calcular la relación de transmisión debemos comenzar contando los dientes del piñón de ataque y los de la corona.

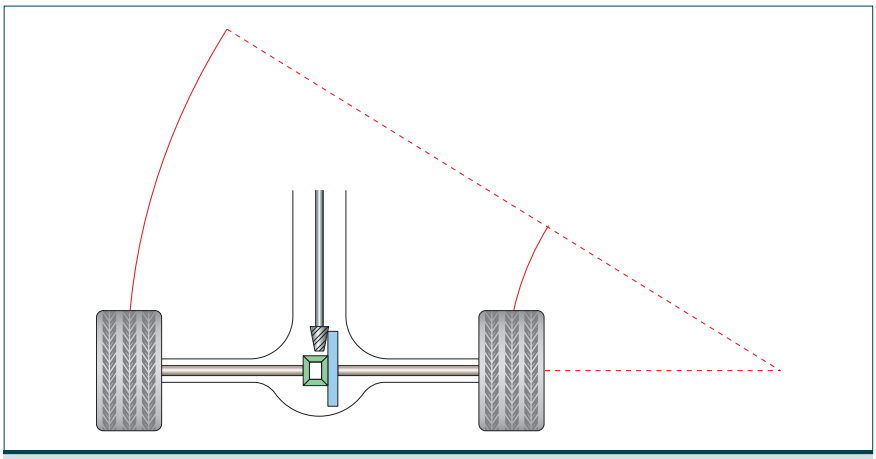
Una vez contados los dientes aplicamos la fórmula de la relación de transmisión:

$$R_t = \frac{\text{Número dientes piñón}}{\text{Número dientes corona}}$$

1.2 > Funcionamiento del diferencial convencional

El objetivo de un sistema diferencial convencional es adaptar el recorrido de las ruedas del vehículo a cada situación, y su funcionamiento se basa en la resistencia a la rodadura de las ruedas de un mismo eje de tracción.

Tomemos como ejemplo la entrada de un vehículo en una curva a derechas. Como vemos en la figura 8.3, las ruedas del lado derecho deben recorrer menos distancia que las del lado izquierdo. La misión del diferencial entonces es reducir el número de vueltas de la rueda derecha respecto de la izquierda, garantizando así su estabilidad para evitar que se produzcan derrapajes y deslizamientos de las ruedas exteriores.



8.3 Recorrido de las ruedas de un vehículo girando hacia la derecha.

El reparto de velocidades se realiza gracias a la mayor resistencia que ofrece una rueda a rodar respecto a la rueda contraria del mismo eje de tracción. En este caso el neumático derecho ofrece mayor resistencia que el izquierdo al entrar en la curva.

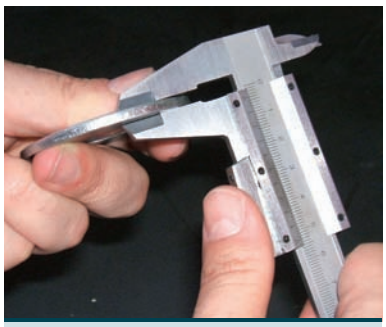
Si uno de los planetarios presenta mayor resistencia que el otro, girará a un número de revoluciones menor. Como los satélites son los transmisores de movimiento de un planetario al otro, se encargarán de enviar las revoluciones sobrantes al otro planetario, es decir, de transmitirle lo que le falta de movimiento, aumentando así su velocidad y la de la rueda que le corresponde.

1.3 > Reglajes de los diferenciales convencionales

Los reglajes que se realizan al montar un diferencial son, básicamente, el ajuste del piñón de ataque y de la corona. Un mal reglaje puede provocar ruidos en el diferencial durante la marcha del vehículo y mayores desgastes de los dientes de dichos elementos.

Interposición de arandelas de espesores

La interposición de arandelas (figura 8.4) es el método de reglaje de diferenciales más utilizado por los fabricantes. Al interponer arandelas de distintos espesores en los lados de la corona se logra alejar o acercar más sus dientes a los del piñón de ataque, aumentando o disminuyendo así la superficie de contacto entre ellos y limitando sus esfuerzos.



8.4 Arandela de espesor.

Comprobación del reglaje piñón-corona

Para comprobar el reglaje del piñón de ataque y la corona, se utiliza un reloj comparador con una base magnética. Con ello se observa si el contacto de los dientes del piñón de ataque y la corona es el correcto.

El objetivo es medir la distancia de contacto entre un diente y su continuo, observando si está dentro de las mediciones que sugiere el fabricante. Para ello, se procede a la medición colocando la punta del reloj en un diente del piñón de ataque próximo a estar en contacto con un diente de la corona. A continuación se pone a cero, y se mueve el piñón de ataque con una palanca o desmontable para ver la medida máxima que marca el reloj, que será la medida buscada.

Otras comprobaciones del conjunto diferencial

Además de las pruebas descritas anteriormente, para determinar el funcionamiento óptimo del diferencial se realizan otro tipo de pruebas:

- **Comprobación del alabeo de la corona del diferencial.** Se realiza con un reloj comparador, apoyando el palpador sobre un lateral de la corona (figura 8.5). Esta se gira hasta realizar una vuelta completa para observar así su alabeo. Los valores de este alabeo deben estar comprendidos entre 0,15 y 0,20 mm. En caso contrario podría haber vibraciones en la marcha del vehículo.
- **Comprobación visual de las posibles pérdidas de aceite lubricante,** ya sea por la carcasa del diferencial a causa de una grieta o golpe, por los retenes de los palieres, por transmisiones de las ruedas o por las juntas de los tapones de llenado y vaciado del mismo diferencial.
- **Comprobación visual de los cojinetes de apoyo,** observando que no posean picaduras (figura 8.6).
- **Comprobación visual del piñón de ataque y de la corona,** asegurando que no existen marcas o roturas en el dentado (figura 8.6).
- **Comprobación de las arandelas de espesores** prestando atención a que no presenten desgastes, fracturas o rebabas.

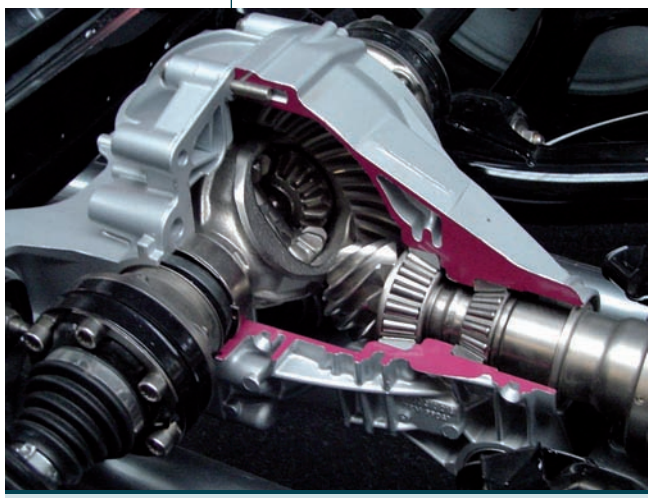
Consejo útil

En las operaciones de montaje del conjunto diferencial es muy recomendable bañar con un poco de aceite los elementos que se deseen montar.

Par de apriete del conjunto del piñón de ataque

El piñón de ataque del diferencial va montado sobre un rodamiento cónico para facilitar el giro de su eje de mando. Por eso se debe tener la precaución de apretar este conjunto al par de apriete indicado por el fabricante, denominado par de precarga. De utilizar un par de apriete mayor se reducirá la vida útil del rodamiento, además frenar el giro del conjunto del piñón de ataque.

8.5 Comprobación del alabeo de la corona.



8.6 Comprobación visual del piñón de ataque, la corona y los cojinetes de apoyo.

2 >> Diferenciales blocantes

Cuando existen diferentes adherencias en las ruedas de un mismo eje de tracción, como, por ejemplo, cuando una está sobre asfalto rugoso y la otra sobre una capa de hielo, el movimiento entregado por el diferencial se dirigirá a la rueda que presenta poca resistencia, en este caso a la que está en contacto con el hielo, mientras la otra rueda permanece quieta. En consecuencia, el vehículo permanecerá inmóvil sin que exista tracción alguna en la rueda con adherencia, y sin posibilidad de salir del problema.

Para resolver estos problemas existen otros tipos de diferenciales denominados diferenciales blocantes.

2.1 > Diferencial de bloqueo manual

Este sistema de bloqueo de diferencial consta de un manguito estriado interiormente que se desliza por el semieje estriado de una de las ruedas. Cuando se activa, el manguito se desplaza por medio de un sistema de palancas para engranar con las estrías de la caja de satélites, de tal forma que el sistema diferencial queda bloqueado y los palieres de las ruedas forman un eje rígido de tracción. Así, mientras una de las ruedas motrices apoye sobre un suelo adherente, el vehículo podrá salir del lugar de estancamiento.

El accionamiento de este sistema se realiza de forma manual desde el puesto del conductor y puede ser de los siguientes tipos:

- **De tipo neumático,** que aprovecha el vacío que proviene del colector de admisión.
- **De tipo electromagnético,** que dispone de unos electroimanes de acoplamiento alimentados por una tensión nominal de 12 voltios.
- **De tipo mecánico,** formado por una serie de palancas y cables.

Se recomienda utilizar este sistema solo en situaciones que lo requieran, y siempre con el vehículo parado. Además, es imprescindible desactivarlo una vez iniciada la marcha, ya que puede aumentar enormemente la peligrosidad del vehículo en las curvas. De hecho, en los vehículos más modernos el sistema se desactiva automáticamente al sobrepasar una velocidad predeterminada no superior a 20 km/h.

2.2 > Diferencial autoblocante

Los diferenciales autoblocantes realizan el bloqueo del diferencial de forma automática.

Estos dispositivos poseen sensores de velocidad en cada una de las ruedas motrices que detectan cuando una de estas ruedas se acelera y la otra permanece quieta. En consecuencia se frena la rueda acelerada para que el diferencial traslade el movimiento a la rueda que sí tiene tracción.

A pesar de tener un accionamiento automático, los sistemas autoblocantes suelen ser desconectables.

Estos diferenciales, sin embargo, se están dejando de montar debido a la aparición de los sistemas de tracción integrados en los sistemas de frenos antibloqueo.

Simulación

Si engranamos una velocidad con el motor en funcionamiento en un vehículo elevado en un gato hidráulico y sujeto en una borriqueta con una sola rueda en el aire, mientras la otra sigue en contacto con el suelo, podemos comprobar el efecto que evitan los diferenciales blocantes: la potencia del motor se transmite únicamente a la rueda sin adherencia.

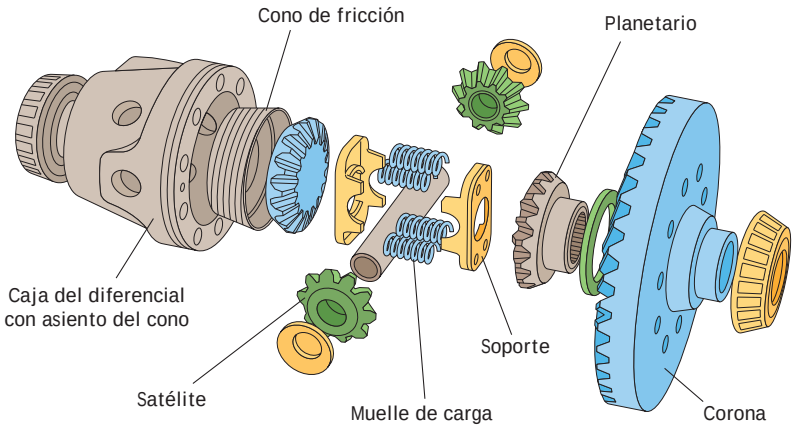
El control de tracción

En los vehículos actuales que integra un sistema de control de tracción que actúa mediante el frenado selectivo de las ruedas del eje motriz según el deslizamiento que estas presenten. Este sistema cumple la misma función que los diferenciales autoblocantes.

2.3 > Diferencial autoblocante por conos de fricción

Es un diferencial convencional que basa su funcionamiento en la fricción continuada de unos conos, solamente en acciones de pérdida total de adherencia sobre una superficie. De esta forma la rueda acelerada se frena y se transmite movimiento a la otra rueda para que pueda traccionar sobre el suelo.

Los diferenciales por conos de fricción están compuestos por un diferencial convencional, un cono de fricción, cuatro muelles de carga y un soporte de accionamiento (figura 8.7).



8.7 Componentes de un diferencial por conos de fricción.

La acción de frenado de la rueda acelerada evita el fugado del movimiento de transmisión depende de dos acciones:

- La fuerza axial que aplican los satélites contra los planetarios
- La presión ejercida por los muelles contra el cono de fricción

Funcionamiento del diferencial por conos de fricción

Este tipo de diferenciales varían su funcionamiento dependiendo de si están entrando en curvas o si están sufriendo pérdidas de tracción:

- **Funcionamiento en curvas.** Es el mismo que un diferencial convencional. En esta acción la diferencia de velocidad entre las ruedas es mayor que la adherencia que presenta el cono contra su asiento, siendo este último arrastrado.
- **Funcionamiento en pérdidas de tracción.** En acciones de pérdidas de tracción del conjunto diferencial, una de las dos ruedas permanecerá inmóvil y por la otra se perderá todo el par de movimiento quedándose el vehículo inmovilizado. La propia tensión elástica que poseen los muelles, hace de base de sustentación, ejerciendo una presión contra el satélite acelerado que empuja a este contra el asiento cónico. Así se realiza una pequeña frenada que reduce la velocidad de este y transmite movimiento al otro satélite para iniciar el movimiento del vehículo.

V Vocabulario

Fuerza axial: fuerza exterior que se origina en un elemento. Es perpendicular al plano de sección y modifica así su estado de reposo.

8.8 El Jeep Wrangler presenta como equipamiento opcional el diferencial track-lock.

2.4 > Diferencial de tipo track-lock

El funcionamiento del diferencial track-lock se basa en el rozamiento de discos múltiples de fricción colocados junto a los planetarios de un diferencial convencional. Este tipo de diferencial tiene acanaladuras radiales y, además, dispone de unos discos de fibra entre disco y disco.

Cuando el vehículo toma una curva, la diferencia entre las ruedas de un mismo eje no es tan grande, permitiendo así el giro libre, ya que la fricción entre los discos no es continua.

Ahora bien, cuando existe una pérdida total de tracción en una rueda, el aumento de giro de su eje y, por lo tanto del planetario, hace girar a los discos por la fuerza centrífuga, friccionando de esa forma entre ellos y realizando una acción de frenado en dicho eje. De esta forma se transmite a la otra rueda un pequeño par de movimiento que produce una pequeña tracción para iniciar el giro de esta contra el suelo.

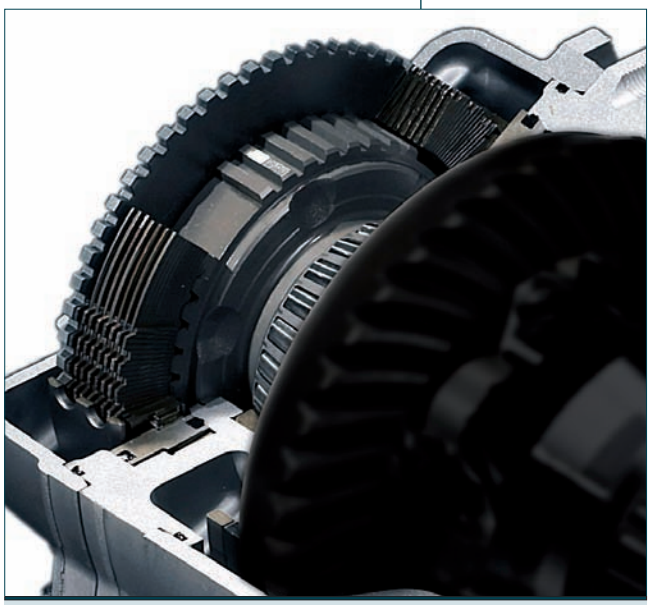
Constitución de un diferencial track-lock

La constitución de un diferencial de tipo track-lock es muy parecida al de un diferencial convencional.

A continuación se enumeran las partes de un diferencial de tipo track-lock:

- Caja diferencial
- Conjunto de embrague multidisco de fricción en seco
- Satélites
- Planetarios
- Piñón de ataque
- Corona
- Eje porta-satélites

2.5 > Diferencial tipo Ferguson



8.9 Diferencial tipo Ferguson.

El diferencial tipo Ferguson o viscoso (figura 8.9) basa su funcionamiento en el acoplamiento de dos ejes traccionables en función de la diferencia de la velocidad angular entre los mismos cuando existe un resbalamiento por el bajo coeficiente de rozamiento de la rueda motriz.

Este diferencial contiene un fluido, aceite de silicona, cuya viscosidad cambia en función de la diferencia de velocidades de giro entre los discos que posee este sistema.

Cuando estas velocidades de giro son diferentes, aparecen unas fuerzas de cizallamiento que repercuten en el comportamiento del aceite, capaz de transmitir par de un eje al otro. El par transmitido depende de la diferencia de velocidades de las dos ruedas motrices, y puede llegar a bloquear un eje cuando este tiende a acelerarse demasiado y el otro permanece inmóvil.

Constitución de un diferencial tipo Ferguson

Un diferencial tipo Ferguson está compuesto por dos tipos de discos diferentes: agujereados y estriados. Estos discos se posicionan unos junto a otros, formando paquetes de número siempre par, y están bañados en el aceite de silicona. Son, por tanto, los transmisores del movimiento de una rueda a otra.

Cuando varía bruscamente la velocidad entre los dos ejes de las ruedas del eje de tracción, el movimiento elevado provoca un deslizamiento entre los discos en movimiento, produciéndose una fuerza de cizallamiento en el aceite que provoca:

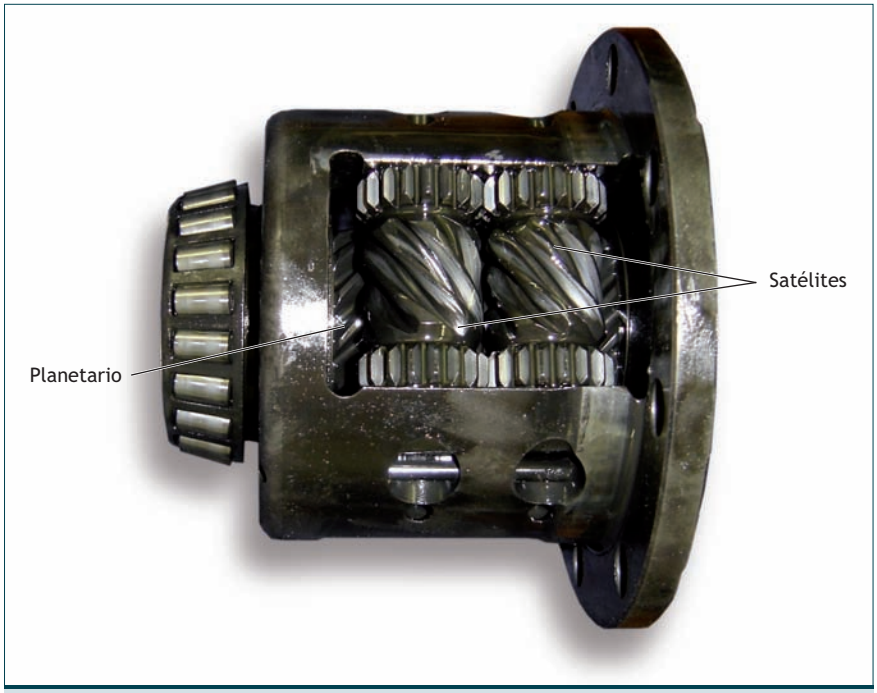
- Aumento de presión entre los discos.
- Frenado de la rueda en movimiento
- Traslado de parte de la tracción a la rueda inmóvil en contacto con el suelo.

2.6 > Diferencial tipo Torsen

Los diferenciales Torsen son diferenciales de bloqueo automático de accionamiento mecánico, capaces de repartir el par de fuerza de un 15 a un 85% entre ambas ruedas de un mismo eje, dependiendo de la pérdida de adherencia que se dé entre ellas.

El diferencial Torsen tiene tres pares de engranajes helicoidales engranados dos a dos por piñones de dientes rectos en lugar de los satélites convencionales. Los planetarios en este caso son tornillos sin fin (figura 8.10).

El ángulo de los dientes tiene mucha importancia, ya que los satélites mueven a los planetarios en un solo sentido.



8.10 Diferencial tipo Torsen.

El significado de Torsen

El nombre de este tipo de diferenciales proviene de la expresión inglesa *torque sensiviti*, que se puede traducir como «sensible al par».

3 >> La caja reductora-transferencia

La caja reductora-transferenica es un elemento que se interpone entre la caja de velocidades y los diferenciales delantero y trasero (figura 8.11).

La caja reductora-transferencia, también llamada diferencial central, tiene dos misiones fundamentales:

- Aumentar el par de salida de la caja de cambios y destinarlo a las ruedas para que el vehículo pueda circular por caminos muy angostos, subir pendientes, etc.
- Distribuir la tracción en función de las necesidades del vehículo.

El montaje de la caja reductora-transferencia está destinado a vehículos todoterreno.

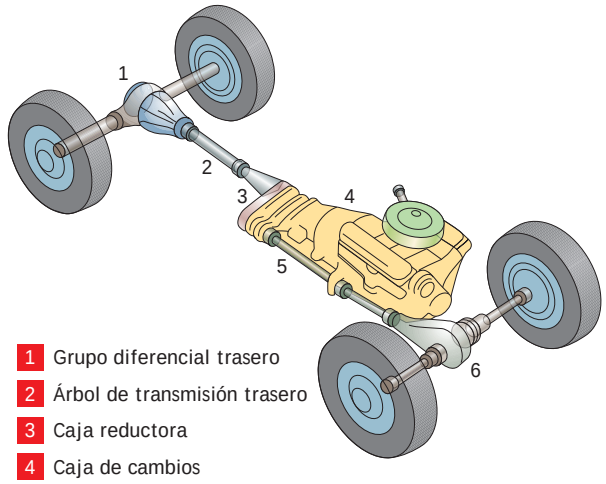
3.1 > Constitución de la caja reductora-transferencia

La caja reductora está formada por los siguientes elementos (figura 8.12):

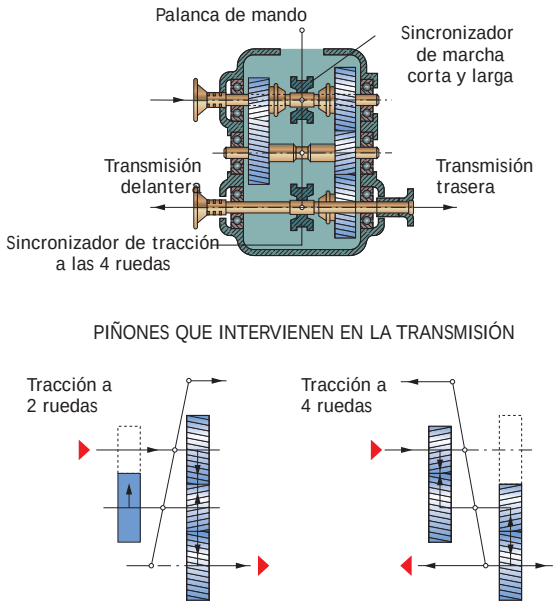
- Piñones de dentado helicoidal.
- Árbol primario, que recibe el movimiento de la caja de cambios.
- Árbol secundario.
- Ángulo intermediario, que une los árboles primario y secundario.
- Sincronizador de marcha corta y larga.
- Sincronizador de tracción de 2 a 4 ruedas.

Ambos sincronizadores se pueden conectar de forma manual o mediante un motor eléctrico paso a paso.

También cabe reseñar que los sincronizadores reciben el movimiento a través de la horquilla que abraza al sincronizador y la varilla de mando.



8.11 Ubicación de la caja reductora en el vehículo.



8.12 Descripción de la caja reductora.

3.2 > Funcionamiento de la caja reductora-transferencia

El funcionamiento de la caja reductora-transferencia se resume en tres posiciones de funcionamiento (figura 8.13): 2H, 4H y 4L.

Posición 2H *(high)*

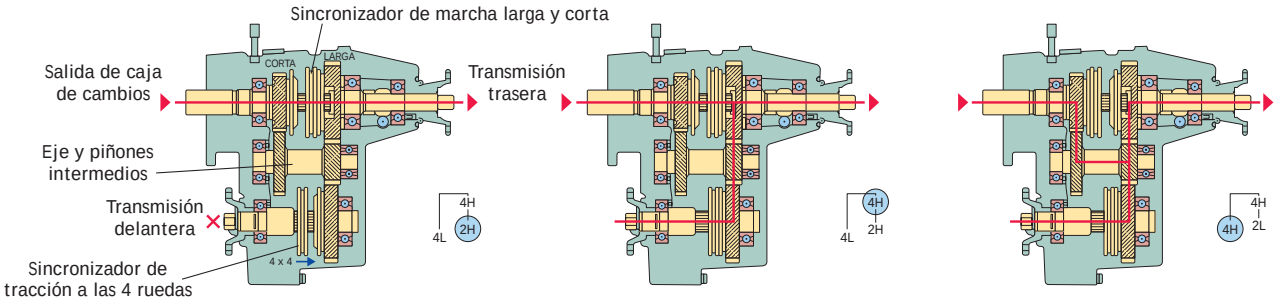
En esta posición de funcionamiento disponen de tracción las ruedas traseras del vehículo, quedándose el eje delantero como eje arrastrado. La reductora no está conectada, con lo cual el par transmitido a las ruedas es el que llega directamente de la caja de cambios.

Posición 4H *(high)*

En esta posición de funcionamiento se transmite la tracción a las cuatro ruedas, repartiendo entre ellas el par que entrega el motor y ayudando así a una mejor estabilidad del vehículo sobre terrenos con falta de adherencia.

Posición 4L *(low)*

En esta posición de funcionamiento se transmite la tracción a las cuatro ruedas y se aplica la acción reductora aumentando el par entregado por la caja de cambios a las ruedas. No es recomendable circular en esta posición, ya que el vehículo aumenta mucho sus revoluciones, fatigando los elementos mecánicos de transmisión. Su uso se recomienda exclusivamente para salir de situaciones complicadas.



8.13 Posiciones de funcionamiento de una caja reductora.

3.3 > Mantenimiento de la caja reductora-transferencia

Para asegurar el correcto funcionamiento de la caja reductora-transferencia debemos observar lo siguiente:

- **Pérdidas de aceite** por un mal estado de las arandelas de estanqueidad en los tornillos de vaciado y llenado o por los distintos retenes.
- **Ruidos procedentes del conjunto,** que provengan de un mal estado del dentado de los piñones, holguras de los ejes o descentrado de los mismos.
- **El nivel de aceite,** normalmente a la altura del tapón de llenado, y el estado del mismo.

También se debe procurar no circular a altas velocidades o en un tiempo prolongado teniendo en funcionamiento la reductora, ya que puede derivar en averías en el sistema de transmisión producidas por un sobreesfuerzo.

Lubricación de la caja reductora-transferencia

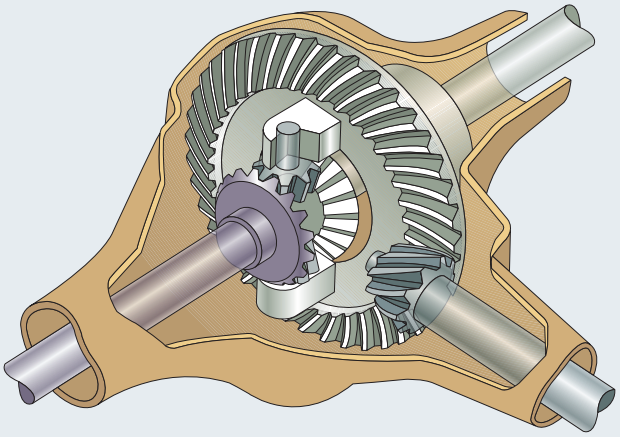
El aceite utilizado en la caja reductoras-transferencia es el mismo que el utilizado en la caja de cambios o diferencial.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué dos objetivos tiene el montaje del diferencial en un vehículo?

2·· Nombra e indica los elementos que forman el diferencial convencional de la fotografía:



3·· Describe el funcionamiento de un diferencial convencional.

4·· ¿Cuál es el ajuste principal que se debe realizar en los diferenciales convencionales?

5·· Un mal ajuste entre el piñón de ataque y la corona, ¿qué problema puede provocar en el funcionamiento del diferencial?

6·· Indica tres comprobaciones que es conveniente realizar en los sistemas diferenciales para verificar su correcto estado.

7·· ¿Qué sistema está sustituyendo cada vez más a los diferenciales autoblocantes?

8·· Explica el funcionamiento de un diferencial tipo Torsen.

9·· Explica qué tipos de discos componen los diferenciales Ferguson.

10·· Explica la base del funcionamiento de un diferencial tipo Ferguson.

11·· ¿Qué tipo de aceite se utiliza en los diferenciales de tipo Ferguson? Indica cuáles son sus principales características.

12·· ¿Cuál es la misión de la caja reductora-transferencia?

13·· Enumera las posiciones de funcionamiento de la caja reductora-transferencia y descríbelas.

.: APLICACIÓN :.

1·· Calcula la relación de transmisión de dos diferenciales con las siguientes características:

a) Número de dientes del piñón de ataque = 15
Número de dientes de la corona = 43

b) Número de dientes del piñón de ataque = 13
Número de dientes de la corona = 47

Caso final

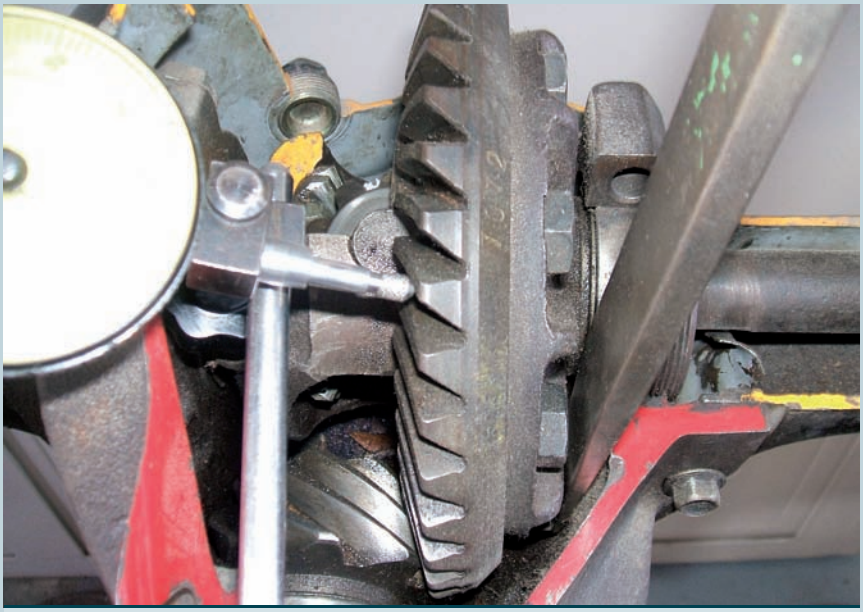
Ajuste de la corona y el piñón de ataque de un diferencial convencional

•• Has realizado la reparación de un diferencial averiado, donde has sustituido los elementos que se encontraban en mal estado. Para terminar la reparación realiza el ajuste correcto de la corona y el piñón de ataque para evitar ruidos durante la marcha y un desgaste excesivo de estas piezas.

Solución ••

Para ajustar el reglaje de la corona con el piñón de ataque del diferencial que hemos reparado, comenzamos midiendo la distancia entre los dientes:

1. Colocamos la punta del reloj comparador, poniéndolo a cero, en un diente de la corona próximo a contactar con un diente del piñón de ataque.
2. Para medir la distancia de contacto entre un diente del piñón y el que le corresponde de la corona, movemos con la ayuda de una palanca o destornillador plano la corona para ver la medida máxima que marca el reloj, que será la distancia que buscamos (figura 8.14).
3. Comparamos la distancia obtenida con la que refleja el fabricante en su manual de taller, fijándonos en si está comprendida en las mediciones que sugiere el fabricante, incluidas sus tolerancias.

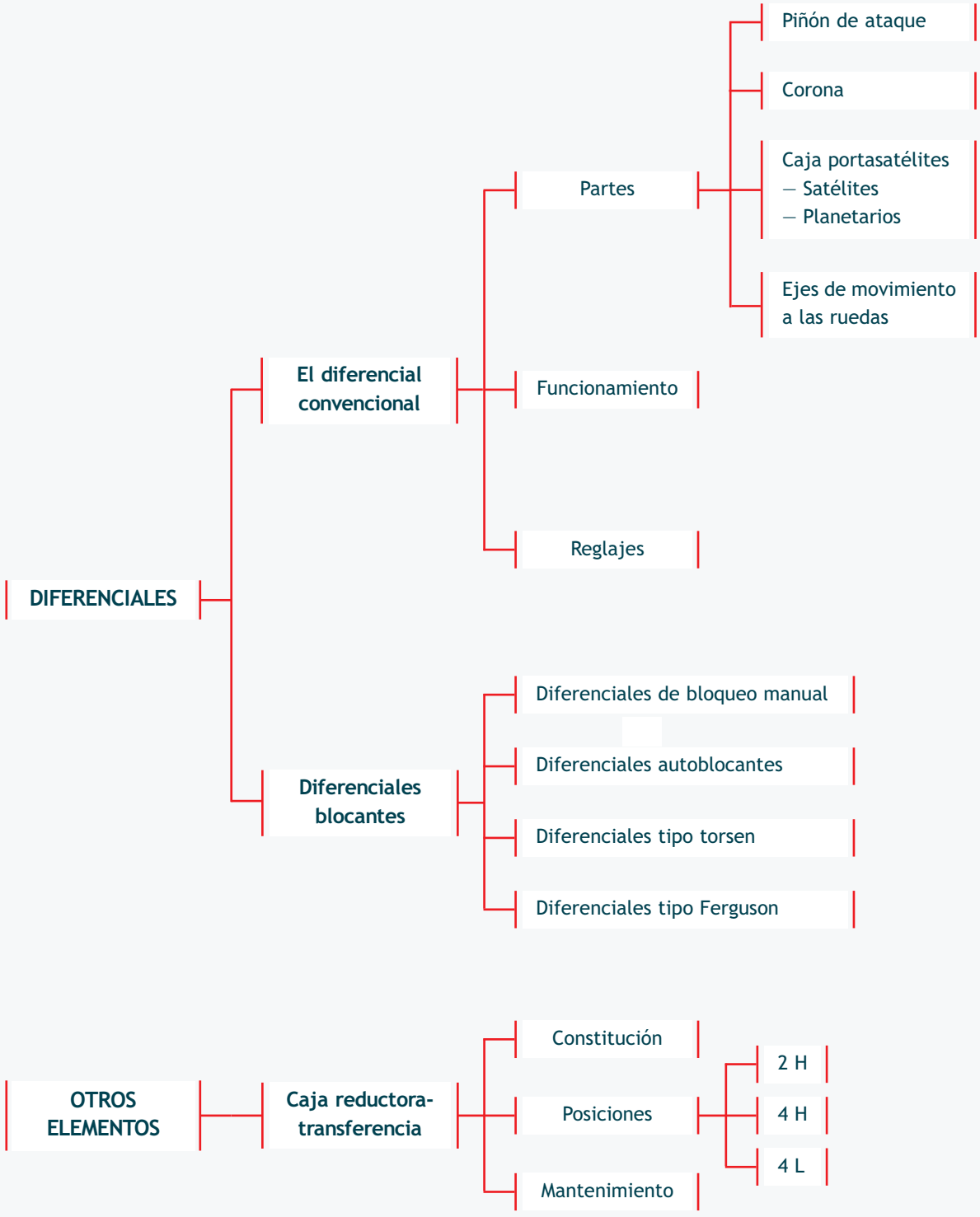


8.14 Moviendo la corona para realizar la medición con el reloj comparador.

En caso de que la medición no esté incluida dentro de las que sugiere el fabricante, procederemos a ajustar la distancia entre el piñón de ataque y la corona mediante arandelas de espesores.

Las arandelas de espesores se colocan en los extremos de la corona del diferencial, intentando aproximar o alejar dicha corona al piñón de ataque. Si colocamos las arandelas en el lado izquierdo, estaremos aproximando la corona diferencial al piñón de ataque, mientras que si colocamos las arandelas de espesores calibradas en el lado contrario, estaremos alejando la corona del piñón de ataque.

Ideas clave


DIFERENCIALES
El diferencial convencional
Partes
Piñón de ataque
Corona
Caja portasatélites
— Satélites
— Planetarios
Ejes de movimiento a las ruedas
Funcionamiento
Reglajes
Diferenciales blocantes
Diferenciales de bloqueo manual
Diferenciales autoblocantes
Diferenciales tipo torsen
Diferenciales tipo Ferguson
OTROS ELEMENTOS
Caja reductora-transferencia
Constitución
Posiciones
2 H
4 H
4 L
Mantenimiento

Por asfalto y por tierra

Para probar a fondo toda la tecnología que abandera al Q7 4.2 TDI, nada mejor que realizar cientos de kilómetros con él. Y eso hemos hecho. La primera sorpresa llega nada más girar la llave. Un ronco pero suave ronroneo nos hace dudar si realmente se trata de un motor diésel o de un V8 de gasolina de los «gordos». Emprendemos la marcha y, tal y como acariciamos el pedal del acelerador, sentimos como si nos empujaran por atrás.

El cambio automático de seis relaciones y el diferencial Torsen realizan su trabajo a la perfección, transmitiendo contundentemente la enorme cifra de par disponible a las cuatro ruedas. Pocos minutos después, y ya hechos al tacto del pedal del acelerador, continuamos desplazándonos entre el tráfico urbano, con suavidad y un notable confort de marcha.

Para ello, previamente hemos seleccionado el modo confort de la suspensión neumática, que en esta versión forma parte del equipo de serie. Entre el intenso tráfico de Madrid, la única molestia que hay que tomarse es vigilar las medidas exteriores del Q7 que, pese a que intimidan al resto de los conductores, requieren un periodo de adaptación. En carretera todavía se vuelve más placentero. Los adelantamientos y recuperaciones son «visto y no visto», aunque en cambios de apoyo y curvas lentas las inercias se notan, si bien el elaborado bastidor disimula bastante las 2,5 toneladas de peso. La dirección es suave y precisa, como suele ser habitual en el resto de modelos de la marca de los cuatro aros. Cuando tenemos que realizar alguna frenada más enérgica de lo habitual, da la impresión de estar deteniendo la cabeza tractora de un camión. Sin embargo, nos hemos quedado con la boca abierta al comprobar que es capaz de detenerse por completo a 140 km/h en apenas 71 metros. Increíble. Otro cantar es la resistencia, porque aguantar semejante masa durante toda la bajada en un puerto de montaña sin flaquear es prácticamente imposible sin unos discos carbocerámicos. Llevamos ya 400 km por autopista y tenemos que parar por una cuestión que nada tiene que ver con el Q7 –razones fisiológicas-, puesto que la autonomía parece inagotable, y en vez de cansarnos de conducir, da la sensación de que estamos más descansados, incluso, que antes de iniciar el recorrido.

Manuel Juliá y equipo de pruebas
www.autopista.es
13 de julio de 2007

unidad 9

Elementos de transmisión del vehículo

SUMARIO

- Tipos de transmisión en los vehículos
- Juntas universales de los sistemas de transmisión
- Rodamientos
- Averías más frecuentes

OBJETIVOS

- Identificar los distintos tipos de transmisión en los vehículos.
- Conocer las juntas universales de los sistemas de transmisión y sus fuelles.
- Saber los tipos de rodamientos que existen y cómo repararlos.

1 >> Sistemas de transmisión en el vehículo

El sistema de transmisión está formado por los elementos que conducen el movimiento desde el motor hasta las ruedas, para que estas ejerzan tracción con el suelo y se produzca el movimiento del vehículo.

Los elementos del sistema de transmisión sufren desgastes por los grandes esfuerzos que soportan durante el uso normal del vehículo. Este motivo provoca que algunos de ellos necesiten un mantenimiento programado y regular durante toda la vida del automóvil.

1.1 > Importancia de los neumáticos en la tracción del vehículo

Los neumáticos son los encargados de recibir el movimiento transmitido desde el motor para traccionar directamente con el suelo e impulsar el vehículo. Por este motivo, es muy importante que estos elementos posean una buena capacidad de adherencia para obtener un comportamiento correcto y seguro en los distintos tipos de terreno.

El **coeficiente de adherencia** indica la proporción de fuerza que se transmite de los neumáticos al suelo para generar el movimiento del vehículo. Este coeficiente varía entre 0 y 1:

- Un coeficiente de adherencia 1 representa la tracción total del movimiento del motor al suelo, algo que nunca es completamente posible puesto que siempre existirán pérdidas de tracción.
- Por otro lado, un coeficiente de adherencia 0 es el resultante cuando aumenta la velocidad de giro del neumático sin que se produzca movimiento alguno del vehículo.

Por tanto, cuanto más cercano a 1 sea el coeficiente de adherencia, mejor será el rendimiento del neumático.

Las principales variables que determinan la adherencia de los neumáticos al terreno son:

- La velocidad de circulación
- El estado de los neumáticos
- Los factores climáticos (nieve, lluvia, temperaturas altas o bajas...)
- El estado de la calzada
- El tipo de terreno (tierra, asfalto, terrenos nevados)

En la siguiente tabla aparecen ejemplos de coeficientes de adherencia de unos neumáticos gastados y de otros óptimos. Cuando hablamos de neumáticos no óptimos, nos referimos a neumáticos con una profundidad del dibujo inferior a 1,6 mm o con las gomas endurecidas o cristalizadas.

Coeficientes de adherencia en función del terreno			
Neumáticos	Terreno seco	Terreno mojado	Terreno helado
Óptimos	0,90	0,65	0,15
Gastados	0,60	0,40	0

1.2 > Tipos de tracción en el vehículo

Los tipos de tracción en los vehículos varían en función de las ruedas encargadas de transmitir al suelo la potencia procedente del motor de combustión.

De esta forma, existen tres configuraciones básicas de sistemas de propulsión en los vehículos: los sistemas de tracción delantera, los de tracción trasera y los de tracción total.

Tracción delantera

En este tipo de tracción, la potencia del motor se transmite al eje delantero del vehículo.

Es la más utilizada (figura 9.1), ya que confiere al comportamiento de la marcha del vehículo mucha estabilidad y reacciones previsibles.

Una de las características principales de la tracción delantera es la simplificación, ya que suele integrar la caja de cambios y el diferencial en un mismo conjunto.

Tracción trasera

En este tipo de tracción, la potencia del motor se transmite al eje trasero del vehículo.

La tracción trasera no se utiliza demasiado en los vehículos actuales, debido a que produce un comportamiento más imprevisible del automóvil, lo que dificulta su manejo.

La característica constructiva más destacable de los sistemas de propulsión trasera es que se traslada el diferencial al eje trasero, pero fuera de la caja de cambios, a diferencia de las tracciones delanteras que integran caja de cambios y diferencial en un mismo conjunto.

Como consecuencia de esto, el depósito de combustible, que se encuentra también en la parte trasera, tiene forma de «U» invertida, ya que por debajo del mismo pasa el árbol de transmisión.

La principal virtud de la tracción trasera es que dota al vehículo de un comportamiento más deportivo en las salidas de curva y en aceleraciones bruscas (figura 9.2).

Vocabulario

Eje arrastrado: eje que no recibe movimiento alguno del motor de combustión.

9.1 La mayoría de los turismos tienen tracción delantera.

9.2 Los vehículos de gran potencia suelen llevar tracción trasera.

Tracción total

Los automóviles con tracción total reciben la potencia del motor sobre sus cuatro ruedas.

9.3 Los vehículos todoterreno suelen poseer tracción total.

La tracción total presenta importantes ventajas:

- Reparto de la potencia del motor entre las cuatro ruedas
- Menor riesgo de derrapaje gracias a que traccionan las cuatro ruedas
- Mayor estabilidad del vehículo en marcha

Por otro lado, su mayor inconveniente es el encarecimiento del vehículo en su precio final, dado que integra un mayor número de componentes.

En los turismos la tracción total no suele ser desconectable, mientras que en los vehículos todoterreno (figura 9.3) se puede desconectar, si el conductor lo cree oportuno, mediante la caja reductora y de transferencia.

Tracción 4x4

Las tracciones totales de los vehículos de cuatro ruedas también suelen denominarse tracciones 4x4.

Tracción en motocicletas

En las motocicletas el eje de tracción suele ser el trasero, que, en este caso, proporciona un comportamiento más estable.

La mayoría de las transmisiones de estos vehículos son muy sencillas, ya que simplemente constan de un piñón de salida y un piñón receptor de movimiento situado en el eje trasero; las dimensiones de estos piñones determinan las características de aumento del par motor y la velocidad punta de la motocicleta.

Los piñones van unidos por una cadena de transmisión (figura 9.4). Estas cadenas suelen utilizarse en lugar de correas por la fiabilidad que ofrecen ante la rotura y su menor coste de mantenimiento. Sin embargo, algunos fabricantes utilizan correas de transmisión, ya que provocan menos ruido en su funcionamiento.

9.4 Cadena de transmisión de una motocicleta.

1.3 > Árboles de transmisión en los vehículos

Los árboles de transmisión tienen la función de transmitir la potencia del motor a las ruedas, pasando por la caja de cambios y el diferencial.

Los palieres son los árboles que transmiten el movimiento del diferencial a las ruedas.

Los árboles de transmisión están diseñados con materiales robustos y duraderos para soportar los grandes esfuerzos a los que están sometidos.

Podemos clasificar los árboles de transmisión en árboles para ejes con suspensión independiente y árboles para ejes con suspensión rígida.

Árboles para ejes con suspensión independiente

Estos árboles permiten el movimiento libre de la suspensión del vehículo, además de transmitir fiablemente la potencia del motor y permitir el giro libre de las ruedas directrices para guiar el vehículo.

En la mayoría de los vehículos con eje de tracción delantero y suspensión independiente, donde también se encuentra instalado el motor de combustión, el árbol izquierdo, donde suele estar ubicada la caja de cambios, es más corto que el derecho (figura 9.5). Por ello el árbol delantero derecho tiene un soporte que sujeta la transmisión cuyo objetivo es reducir posibles vibraciones causadas por la mayor longitud del palier, que podrían ser transmitidas a la carrocería en aceleraciones bruscas.

9.5 Eje de tracción delantero con suspensión independiente con soporte para la caja de cambios. Fuente: Mazda.

Árboles para ejes con suspensión rígida

Se emplean este tipo de árboles rígidos en los ejes traseros de vehículos industriales y todoterreno, donde, normalmente, la suspensión trasera no es independiente, ya que bascula todo el eje cuando las ruedas se enfrentan a las irregularidades del terreno.

Estos árboles rígidos se instalan por un lado en el estriado del diferencial y por el otro se atornillan al buje de la rueda que tracciona.

Menos vibraciones

Los árboles de transmisión están equilibrados dinámicamente para evitar la transmisión de vibraciones al habitáculo.

2 >> Juntas universales de los sistemas de transmisión

Los sistemas de transmisión poseen distintos tipos de juntas, que se montan en función de la misión que deben desempeñar. Todas estas juntas están fabricadas con materiales resistentes y robustos, ya que deben soportar grandes esfuerzos de torsión y cizallamiento.

2.1 > Junta cardán

La junta cardán permite variaciones angulares de hasta 25°. Suelen utilizarse en los árboles que conectan las cajas de cambios con el diferencial trasero de transmisión o con las barras de la dirección.

Las juntas cardán se montan en combinación con juntas de caucho elástico (figura 9.6), que permiten absorber esfuerzos de torsión en el funcionamiento normal.

Para lograr un correcto mantenimiento de las juntas cardán (figura 9.7), han de engrasarse según el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante para cada modelo de vehículo. Para realizar el engrasado, se introduce la grasa a través de un engrasador, que consiste en una bola y un pequeño muelle que presionará esta bola contra su asiento.

9.6 Junta elástica de caucho.

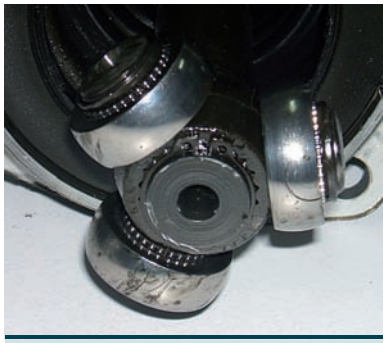
2.2 > Junta Hooke

Las juntas Hooke (figura 9.8) son variantes de las juntas cardán: la principal diferencia es que en los brazos de la cruceta incorporan unos cojinetes de agujas para facilitar el movimiento.

Al igual que las juntas cardán, su mantenimiento básico requiere el engrasado periódico.

9.7 Junta tipo cardán.

9.8 Junta tipo Hooke.



9.9 Junta tipo trípode.

2.3 > Junta trípode

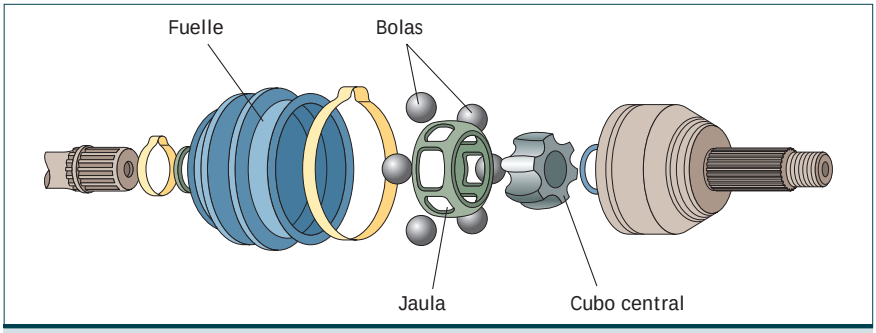
La junta trípode (figura 9.9) es una variante de la junta Hooke cuya geometría presenta forma de trípode para permitir una variación lineal del movimiento. Estas juntas se utilizan en la parte interior de los palieres para conectarlos con el diferencial en un sistema de tracción delantera.

Normalmente, las juntas trípode se pueden extraer del palier mediante un anillo de seguridad para proceder a su sustitución.

2.4 > Junta homocinética o Rzeppa

Las juntas homocinéticas, también conocidas como juntas Rzeppa, son unas de las juntas de transmisión más utilizadas, ya que permiten ángulos de giro de hasta 60°. Este es el motivo por el que se montan principalmente en los ejes delanteros con sistema de tracción.

Se componen de seis bolas de las mismas dimensiones situadas alrededor de un cubo central estriado, todo ello sujeto por una jaula (figura 9.10).



9.10 Partes de las juntas homocinéticas o Rzeppa.

P Práctica 7

◆ Técnica

Desmontaje de una junta homocinética

•• El desmontaje y la extracción del conjunto que contienen las juntas homocinéticas se realiza bola por bola, siguiendo los siguientes pasos:

1. Con la ayuda de unos alicates, abrimos la arandela para poder extraer la junta de los ejes a los que está unida (figura 9.11).
2. Elegimos la bola que queremos extraer.
3. Realizamos movimientos de la jaula en sentido contrario a la bola que se quiere extraer, para que esta sobresalga.
4. Cuando sobresale la bola, utilizamos un pequeño destornillador plano para sacarla (figura 9.12).
5. Realizamos esta misma operación con el resto de las bolas de la junta homocinética (figura 9.13).

9.11 Extracción de la junta homocinética del eje.

9.12 Extracción de la de las bolas de la junta homocinética.

9.13 Junta homocinética desmontada.

Los fuelles

Los fuelles son elementos fabricados con caucho que se colocan en rótulas y transmisiones, entre otros. Su principal función es la de proteger los elementos que cubren de la suciedad, el agua y el barro, y evitar la pérdida de la grasa.

En el sistema de transmisión, los fuelles se utilizan principalmente para proteger juntas homocinéticas. En estos casos, los fuelles se sujetan a la transmisión mediante bridas en el eje de la transmisión y en la junta homocinética.

Los dos tipos fundamentales de fuelles de transmisión son los fuelles rígidos y los fuelles flexibles o de cono.

Los conos

Los fuelles flexibles se colocan con una herramienta denominada cono, que puede ser de accionamiento manual o de accionamiento neumático.

Para facilitar la introducción de los conos manuales es conveniente aplicar algún elemento lubricante.

Técnica

Montaje de un fuelle rígido

•• Este montaje es relativamente sencillo. Una vez extraído el elemento de la transmisión donde se encuentra el fuelle roto, seguimos los siguientes pasos:

1. Quitamos la brida de sujeción del fuelle.
2. Extraemos el anillo seger de seguridad que contiene la transmisión con la ayuda de unos alicates adecuados.
3. Una vez separado el fuelle de la junta, limpiamos la grasa y la suciedad que se haya introducido tras la rotura del fuelle.
4. Es aconsejable continuar la limpieza de la junta en la bañera con un cepillo.
5. Soplamos con la pistola de aire a presión en la junta y la secamos con un paño limpio.
6. Colocamos el fuelle en el eje de la transmisión en el sentido de montaje de la junta.
7. Colocamos la junta y, a continuación, el anillo seger.
8. Untamos grasa bien esparcida por toda la junta.
9. Colocamos la brida de sujeción del fuelle y montamos todos los elementos quitados en el desmontaje.

Montaje de un fuelle flexible

•• Para realizar esta técnica es necesaria una herramienta de montaje denominada cono. El montaje consiste en los siguientes pasos:

1. En este caso no es necesario desmontar la transmisión del vehículo, así que comenzamos cortando con unas tijeras el fuelle deteriorado para extraerlo.
2. Limpiamos con un paño o papel de limpieza la grasa y la suciedad que se hayan introducido tras el deterioro del fuelle. También es recomendable limpiar con productos como el disolvente las partes adyacentes a la junta manchadas de grasa.
3. Introducimos el cono en el nuevo fuelle con la ayuda de algún elemento lubricante (figura 9.14).
4. Colocamos el fuelle con la ayuda del cono de montaje.
5. Añadimos grasa en la junta extendiéndola uniformemente.
6. Colocamos las bridas de sujeción para evitar que se fugue la grasa del interior de la junta.

9.14 Colocación del fuelle flexible en el cono.

3 >> Transmisión Haldex

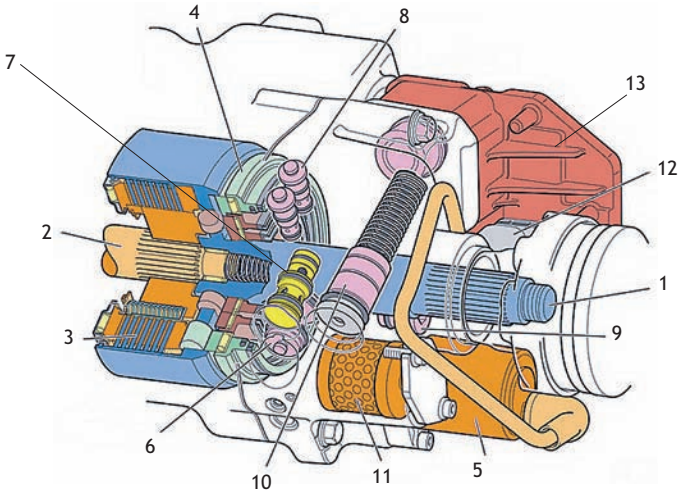
El sistema de transmisión de tracción total Haldex tiene como misión el acople automático de la transmisión del eje trasero del vehículo para completar la tracción total del vehículo en función de las condiciones de la marcha.

Los parámetros fundamentales que tiene en cuenta este sistema para gestionar la transmisión proporcional del par de tracción al eje trasero son las diferencias de velocidad entre los dos ejes y la potencia que se desee desarrollar.

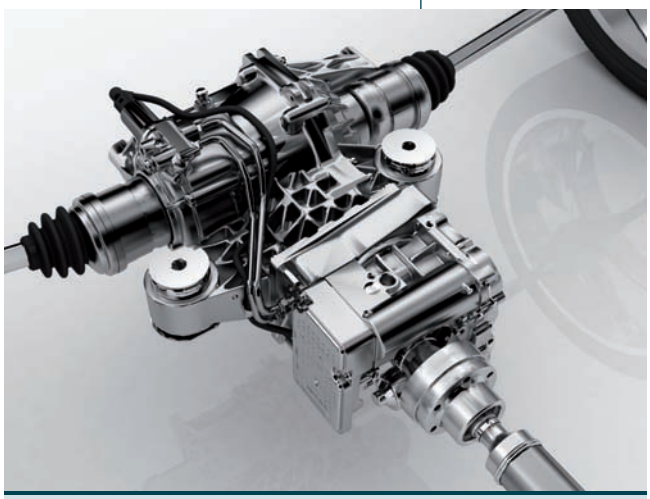
3.1 > Constitución de la transmisión Haldex

El sistema de transmisión Haldex está formado por tres partes fundamentales: la mecánica, la hidráulica y la electrónica (figura 9.15).

1. Árbol de entrada
2. Árbol de salida
3. Conjunto de multidiscos
4. Émbolo de accionamiento
5. Bomba hidráulica
6. Válvula de aspiración
7. Válvula reguladora
8. Válvula de descarga
9. Válvula limitadora
10. Acumulador
11. Filtro
12. Conexión CAN-BUS
13. Unidad de control



9.15 Constitución de la transmisión Haldex. Fuente: Volvo.



9.16 Embrague Haldex.

Parte mecánica

La parte mecánica del sistema Haldex es la encargada de transmitir el par de tracción al eje trasero.

El elemento fundamental de esta parte es el llamado **embrague Haldex** (figura 9.16), que es un embrague multidisco encargado de transmitir el par motor al eje trasero según las necesidades de la marcha.

El embrague Haldex está formado por (figura 9.15):

- **Árbol de entrada,** que transmite el movimiento de la caja de cambios.
- **Árbol de salida,** que transmite el movimiento al conjunto diferencial.
- **Conjunto de multidiscos** de fricción.
- **Émbolo de accionamiento** del conjunto de multidiscos.

Parte hidráulica

La parte hidráulica de las transmisiones Haldex es la encargada de accionar la parte mecánica del sistema. Su función es generar la presión hidráulica necesaria para comprimir adecuadamente el conjunto multidisco del embrague Haldex.

El sistema hidráulico de la transmisión Haldex está formado por los siguientes elementos (figura 9.15):

- **Depósito,** donde se almacena el fluido hidráulico.
- **Bomba de accionamiento eléctrico,** que genera la presión necesaria para el funcionamiento del sistema.
- **Válvulas de aspiración,** que controlan el paso de presión hidráulica al embrague Haldex.
- **Válvula reguladora,** que se encarga de mantener la presión de trabajo. En función de la abertura de estas válvulas se consiguen tres presiones de trabajo distintas:
  - **Presión mínima:** los discos no tienen presión y no transmiten par de tracción al eje trasero.
  - **Presión intermedia:** los discos transmiten parcialmente el par de tracción al eje trasero.
  - **Presión máxima:** los discos transmiten completamente el par de tracción al eje trasero.
- **Válvulas de descargas,** que controlan la salida de la presión.
- **Válvula limitadora,** que controla la presión máxima que pueda alcanzar el circuito.
- **Acumulador,** que evita las posibles fluctuaciones de presión del circuito hidráulico.
- **Filtro,** que depura el fluido hidráulico.

Parte electrónica

La parte electrónica de la transmisión Haldex es la encargada de gestionar el accionamiento del sistema. Para ello hace uso de los datos obtenidos por los sensores del sistema de frenos antibloqueo (ABS) y de la gestión electrónica del motor, a través de la red multiplexada CAN-BUS. Estos datos pasan a ser analizados por la **unidad de control** del sistema (figura 9.17).

A su vez, el propio sistema electrónico de la transmisión Haldex incorpora los siguientes sensores:

- Transmisor de la temperatura del fluido
- Electrobomba hidráulica de presión
- Conmutador del accionamiento del freno de estacionamiento

3.2 > Funcionamiento básico de la transmisión Haldex

En cuanto la unidad de control del sistema de transmisión Haldex detecta la necesidad de transmitir tracción al eje trasero, activa el sistema hidráulico. De esta forma se genera la presión de trabajo adecuada para que el embrague Haldex transmita el par de tracción apropiado a dicho eje trasero.

Sistema de frenos antibloqueo (ABS)

El sistema de frenos antibloqueo (ABS) se encarga de evitar el bloqueo de las ruedas durante las frenadas.

Este sistema posee una unidad de control electrónica y un conjunto de sensores y actuadores que, en ocasiones, utilizan otros sistemas del vehículo como los controles de tracción y de estabilidad, o las transmisiones Haldex.

El sistema ABS se desarrolla ampliamente en la unidad 14 de este libro.

9.17 Unidad de control del sistema de una transmisión Haldex.

P Práctica 8

4 >> Rodamientos de las ruedas

Los rodamientos que sirven de apoyo para que giren las ruedas de los vehículos se encuentran en el buje. Poseen una gran precisión de montaje y una gran resistencia debido a los grandes esfuerzos que deben soportar.

La selección de los rodamientos, así como el ajuste de los mismos, depende de dos factores principales:

- Las cargas de trabajo que deben soportar
- Las condiciones de uso

Los rodamientos se pueden clasificar desde el punto de vista constructivo en los siguientes tipos:

- Rodamientos de bolas (figura 9.18)
- Rodamientos de geometría cónica o cónicos (figura 9.19)
- Rodamientos de agujas (figura 9.20)

9.18 Rodamiento de bolas.

9.19 Rodamiento cónico.

9.20 Rodamiento de agujas.

Los rodamientos cónicos poseen una pista exterior que queda incrustada en el buje donde van instalados, la cual se extrae con un botador y un martillo de bola con cuidado de no marcar el buje.

4.1 > Durabilidad de los rodamientos

La durabilidad de los rodamientos de las ruedas debería ser la misma que la duración de la vida del vehículo, pero existen unos factores que pueden mermar esta durabilidad al provocar holguras que se aprecian en ruidos y zumbidos durante la marcha del vehículo. Estos factores son los siguientes:

- Frenadas bruscas del vehículo
- Cambios de velocidades muy rápidos
- Montaje de llantas y neumáticos sobredimensionados (figura 9.21)
- Entradas bruscas en curvas

Los rodamientos están expuestos principalmente a grandes esfuerzos axiales y radiales, sobre todo en el paso del vehículo por curvas.

9.21 Llanta sobredimensionada.

Técnica

Sustitución de un rodamiento

•• Para realizar la sustitución de un rodamiento necesitamos una prensa hidráulica con la que ejercer presión sobre el mismo. Para llevar a cabo el proceso seguimos los siguientes pasos:

1. Calzamos el vehículo en el elevador y procedemos al desmontaje de la rueda.
2. Una vez quitada la rueda, desmontamos los elementos necesarios para poder extraer el buje del trapecio del vehículo. Entre ellos se encuentran el disco, la pinza de freno, la parte del buje del palier y el brazo de la dirección.
3. Extraemos el buje.
4. Sujetamos el buje con un tornillo de banco para extraer el anillo seger con unos alicates específicos para ello (figura 9.22). Este anillo tiene la misión de evitar que el rodamiento salga de su alojamiento en el interior del buje.
5. Llevamos el buje a la prensa hidráulica y lo apoyamos en sus bases metálicas dejando espacio suficiente para la extracción correcta del rodamiento (figura 9.23). Si el pistón de la prensa no llega a dicho rodamiento, usaremos los útiles de acoplamiento de que dispone esta para estos casos.
6. Realizamos presión sobre el rodamiento con la prensa hidráulica hasta que salga de su alojamiento en el buje.
7. Con la ayuda de un calibre o un micrómetro, comprobamos que el rodamiento nuevo tiene las mismas dimensiones que el que hemos extraído (figura 9.24). Una vez realizada la comprobación, procedemos a su montaje sobre el buje. Para facilitar esta operación, untamos de aceite el rodamiento con el dedo limpio.
8. El proceso de montaje es idéntico al de desmontaje pero a la inversa. Solo debemos tener en cuenta que para asegurarnos de que el rodamiento está bien introducido es necesario que nos fijemos en que llegue al tope en forma de escalón del buje y en que quede totalmente al descubierto la garganta de anclaje del anillo seger.
9. Una vez se ha observado esto, recogeremos y limpiaremos la prensa hidráulica y guardaremos los útiles empleados en su lugar.

9.22 Extracción del anillo Seger.

9.23 Buje en la prensa hidráulica.

9.24 Comprobación de las medidas del nuevo rodamiento.

Técnica

Sustitución de un rodamiento cónico

•• La extracción de un rodamiento cónico se realiza utilizando un botador y un martillo de bola. Para realizar correctamente esta operación seguimos los siguientes pasos:

1. Limpiamos con un paño la grasa existente en el alojamiento del rodamiento.
2. Extraemos la pista exterior con la ayuda del botador y del martillo. Debemos tener la precaución durante la extracción de no marcar la parte interna del buje.
3. Una vez sacada la pista exterior, introducimos la nueva pista exterior de nuevo con el botador y el martillo (figura 9.25).
4. Cuando la pista esté situada correctamente, colocamos el rodamiento cónico en su posición con la mano.
5. Añadimos grasa al conjunto.
6. Apretamos ligeramente (10 Nm aprox.) la tuerca de fijación, ya que si esta tuerca está excesivamente apretada ejercería sobre el rodamiento una presión que reduciría considerablemente su vida.
   El apriete que se realiza sobre un rodamiento cónico se denomina apriete de precarga y viene indicado por el fabricante en el manual de reparación.
7. Añadimos grasa al rodamiento cerámico para asegurar su lubricación.
8. Colocamos el tapón para evitar que entre suciedad en el conjunto.

9.25 Introducción de la pista exterior con el martillo y el botador.

Casos prácticos

Comprobación por comparación del estado de los rodamientos

•• Un cliente dice que su vehículo emite un zumbido al circular a velocidades mayores de 70 km/h, y que este zumbido se agudiza conforme aumenta la velocidad. ¿Qué comprobación se ha de realizar?

Solución ••

Lo primero que haremos será comprobar el ruido realizando una prueba de carretera del vehículo. Para captar el ruido en mejores condiciones cerraremos las ventanas. Es importante afinar el oído para determinar si el ruido proviene del eje delantero o del trasero.

Si existe tal ruido, es probable que provenga de los rodamientos, por lo que tendremos que comprobar si estos tienen holgura. Para ello analizamos cada rueda del eje que creemos afectado, cogiéndolas con nuestras manos y realizando movimientos axiales para ver la holgura que tiene su rodamiento.

5 >> Averías más frecuentes

5.1 > Árboles y semiárboles de transmisión

Las averías más comunes en los árboles y semiárboles de transmisión son las siguientes:

- **Ruidos** provocados por el desgaste excesivo de los rodamientos de las juntas tipo Hooke, debidos a los grandes esfuerzos de tracción soportados o a la falta de grasa de lubricación en el conjunto. La avería se soluciona con la sustitución completa de la junta en el primer caso, y con la lubricación correcta en el segundo.
- **Vibraciones transmitidas al vehículo,** ocasionadas por desequilibrios producidos por una deformación a consecuencia de algún golpe. Se soluciona sustituyendo por completo el árbol transmisor.

5.2 > Palieres de transmisión

En los palieres de transmisión las averías que se suelen dar con más frecuencia son las siguientes:

- **Ruidos «de bolas» emitidos principalmente al girar en las curvas,** que normalmente están causados por desgastes en la junta homocinética debidos a grandes esfuerzos o a la falta de grasa. Se soluciona sustituyendo por completo la junta en el primer caso, y añadiendo grasa al conjunto en el segundo.
- **Vibraciones producidas en la marcha del vehículo,** normalmente debidas al desgaste excesivo de los elementos de las juntas, tanto la homocinética como la junta trípode, o a la deformación producida por un golpe en el palier de transmisión. Se recomienda proceder a la sustitución de la junta dañada por desgaste o realizar la sustitución de la transmisión entera si está dañada por una deformación causada por un impacto.

5.3 > Rodamientos

La avería que se da más frecuentemente en los rodamientos son los zumbidos durante la marcha del vehículo, ocasionados por un desgaste excesivo del propio rodamiento por haber estado expuesto a grandes sobreesfuerzos.

Para solucionar este tipo de averías se realizará la sustitución del rodamiento. Es aconsejable comprobar también el rodamiento de la otra rueda del mismo eje, ya que podría presentar desgastes producidos por el mal funcionamiento del rodamiento averiado y, en ese caso, sería recomendable proceder a su sustitución.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Cuáles son las causas más habituales de los ruidos que pueden generarse en los árboles y palieres de transmisión?

2·· ¿Cuál es la avería más común en los rodamientos de las ruedas de los vehículos? ¿Como se suele solucionar?

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuántos grados de variación angular permiten las juntas cardán? Indica la constitución y en qué consiste el mantenimiento de estas juntas.

2·· ¿Cuál es la diferencia entre las juntas cardán y Hooke?

3·· ¿Cuál es la función de los fuelles en una transmisión?

4·· ¿Qué factores determinan la durabilidad de los rodamientos sobre el vehículo?

5·· Explica qué entiendes por cada uno de estos conceptos e indica las ventajas y desventajas que presentan:

a) Tracción delantera b) Tracción trasera c) Tracción total

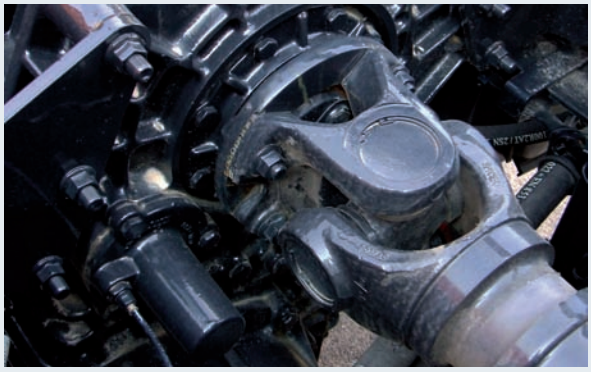
6·· ¿Cómo definimos el coeficiente de adherencia de un neumático y qué importancia tiene este en la tracción del vehículo?

7·· ¿Qué es un árbol de transmisión? Indica sus tipos dependiendo del sistema de suspensión que se monte.

.: APLICACIÓN :.

1·· Indica los componentes que aparecen en las siguientes fotografías e identifícalos posteriormente en un vehículo del taller:

a)



c)

b)

d)

Caso final

Engrasar una junta tipo cardán

•• Engrasa las juntas cardán o Hooke que se encuentren en uno de los vehículos de tu taller de prácticas empleando una engrasadora manual o neumática.

Solución ••

Para realizar el engrase que se pide debemos seguir los siguientes pasos:

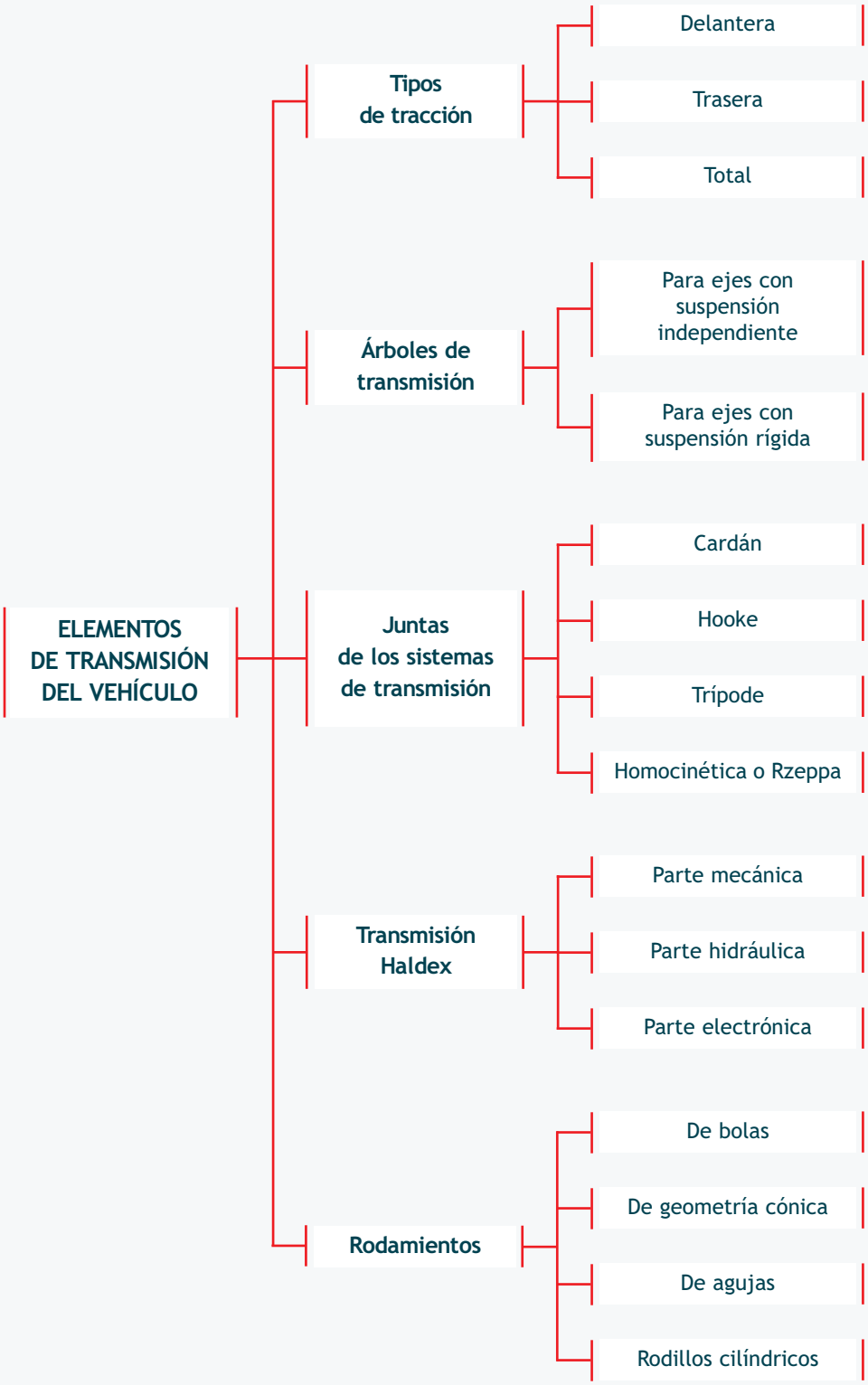
1. Localizamos las juntas tipo cardán, tanto del árbol de transmisión del diferencial delantero como del árbol de transmisión del diferencial trasero. Una vez hecho esto, identificamos los engrasadores por donde efectuaremos el engrase (figura 9.26).

9.26 Engrasador de la junta de cardán.

2. Limpiamos con papel o con un paño la suciedad que se encuentre en el engrasador para evitar que se introduzca en el interior del conjunto y se deteriore la junta cardán (figura 9.27).
3. Conectamos la toma de la engrasadora al engrasador, que entra a presión. Con ello vencemos la acción de un pequeño muelle que se encuentra en dicho engrasador permitiendo el paso de la grasa.

9.27 Máquina engrasadora.

Ideas clave


ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DEL VEHÍCULO
Tipos de tracción
Delantera
Trasera
Total
Árboles de transmisión
Para ejes con suspensión independiente
Para ejes con suspensión rígida
Juntas de los sistemas de transmisión
Cardán
Hooke
Trípode
Homocinética o Rzeppa
Transmisión Haldex
Parte mecánica
Parte hidráulica
Parte electrónica
Rodamientos
De bolas
De geometría cónica
De agujas
Rodillos cilíndricos

Entrevista: HARTMUT MICHEL

Premio Nobel de Química

«Con los biocombustibles no se ahorran emisiones de CO_2»

Hartmut Michel, alemán, 59 años, recibió el premio Nobel de Química en 1988. [...] En la reunión de premios Nobel celebrada este verano en Lindau (Alemania), Michel no habló de su trabajo sino de una de sus aficiones: los biocombustibles. Según mostró en Lindau, los combustibles de origen vegetal no son una buena opción para combatir el cambio climático: no ahorran emisiones de CO_2 y promueven la deforestación de la Amazonia. «No soy el único que dice esto, basta hacer los cálculos para verlo. Sólo que los políticos no quieren escuchar esta idea», dice Michel.

Pregunta. Según una directiva de la Unión Europea, el 5,75% de todo el transporte basado en energías fósiles deberá ser sustituido por biocombustibles antes del 2010. ¿Es una estrategia equivocada?

Respuesta. Recomendaría abolir esa directiva: con los biocombustibles no se ahorran emisiones de dióxido de carbono. [...] La producción y el uso del biogás o el biocombustible no son neutrales en cuanto a la producción de CO_2, porque al menos el 50% de toda la energía contenida en el biogás o en el biocombustible procede de fuentes fósiles.

P. ¿Puede explicarlo un poco mejor?

R. Para producir algunos biocombustibles, como el etanol, hace falta invertir mucha energía en forma de fertilizante, de transporte... Y también en el destilado del alcohol. Lo que obtienes al fermentar el vegetal es algo como el vino, con un 10% de alcohol, y hay que convertirlo en alcohol 100%. Para eso hay que invertir casi tanta energía como la que hay en el etanol. Y si obtienes esa energía de combustibles fósiles, acabas emitiendo más CO_2 de lo que emitirías simplemente usando gasolina en el coche.

P. ¿No es algo que se pueda mejorar con nuevas técnicas de cultivo, con más investigación en general?

R. El problema de partida es que la eficiencia global de la fotosíntesis es muy baja. [...] El biocombustible que se puede producir por unidad de superficie y año contiene menos del 0,4% de la energía solar que ha recibido esa superficie en el mismo tiempo.

P. O sea que habría que cultivar superficies enormes para obtener suficiente biocombustible...

R. Incluso si no contamos la energía que hay que invertir en producir los biocombustibles, hay que tener en cuenta que cubrir la demanda de electricidad de Alemania con biocombustibles exigiría dedicar toda la superficie del país a cultivos energéticos. En comparación, las células fotovoltaicas son entre 50 y 100 veces más eficientes en lo que respecta a convertir la energía solar en eléctrica, y necesitan de mucho menos suelo. Los cultivos energéticos son una manera muy poco eficiente de usar el suelo.

P. Ha hablado también del riesgo de deforestación asociado al uso de biocombustibles.

R. Sí, los biocombustibles están fomentando la pérdida de selva tropical en Indonesia, Malasia, algunas zonas de África y en Brasil. En Brasil es la soja: cada vez se cultiva más y más soja en la selva. Y quemar selva para producir soja libera una cantidad enorme de dióxido de carbono a la atmósfera.

P. En su conferencia ha dicho incluso que es más eficiente, y ahorra más emisiones, usar directamente los cultivos para calentarse.

R. Sí, puestos a cultivar, el mayor ahorro lo obtendríamos usando la madera para calefacción, en vez de petróleo o gas natural. El petróleo se dejaría sólo para los coches. De esa manera triplicas o cuadruplicas la eficiencia, no pagas el impuesto de convertir la biomasa en biocombustible.

P. Pero también ha dicho que producir biocombustibles es más barato energéticamente en algunos países que en otros. ¿Son los biocombustibles rentables al menos en algunos países?

R. Si el biocombustible se produce a partir de la caña de azúcar en los países en que este cultivo crece como si fuera hierba, sin fertilizante, como Brasil, sí puede ser un proceso rentable. En Brasil se exprime la caña y los restos de la planta se usan para destilar el alcohol. Pero en Europa, con trigo o remolacha, no es rentable. Aquí no se da la caña de azúcar.

P. Y ¿si se usan métodos biotecnológicos, enzimas, que digieran toda la planta -incluida la lignina- para aumentar la eficiencia de la producción de biocombustible?

R. No se gana mucho. La eficiencia de la conversión de biomasa en biocombustible oscila entre el 0,15% y el 0,3%. Y las células fotovoltaicas tienen ya una eficiencia de entre el 15% y el 20%. Y también son interesantes las otras formas de aprovechar la energía solar, como la energía solar térmica.

P. Así que en su opinión hay que fomentar la energía solar.

R. La mejor manera de resolver nuestro problema es con energía solar, lo malo es que las células fotovoltaicas son aún muy caras. Podríamos tener una granja solar en el Sáhara, por ejemplo, y convertir la energía que se obtuviera en alguna otra forma de energía que se pueda transportar, como el hidrógeno. Eso, hasta que se desarrollen cables superconductores a temperatura ambiente.

P. Si está tan claro que los biocombustibles no son una opción, ¿por qué todo el mundo apuesta por ellos?

R. Es que son una idea muy atractiva, el término bio vende mucho... Pero no soy el único que critica los biocombustibles. Basta hacer los cálculos.

Mónica Salomone
El País
12/09/2007

unidad 10

Transmisión en vehículos agrícolas y de obras públicas

SUMARIO

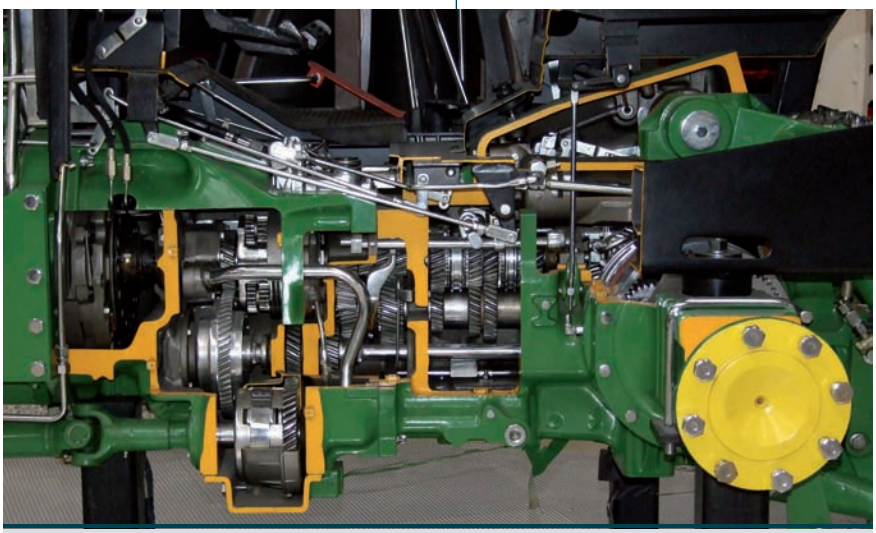
- Cajas de cambios manuales y Powershift
- Transmisiones hidráulicas e hidrostáticas
- Mantenimiento

OBJETIVOS

- Conocer los tipos de transmisiones más utilizadas en vehículos agrícolas y de obras públicas.
- Saber llevar a cabo el mantenimiento de las transmisiones estudiadas.

1 >> Cajas de cambios manuales en vehículos agrícolas y de obras públicas

El uso de una caja de cambios manual en un vehículo agrícola, industrial o de obras públicas es continuado durante largos periodos de tiempo, realizando grandes esfuerzos de accionamiento del pedal del embrague cada vez que se realiza la transición de una marcha a otra. Por tanto, dichas cajas de cambios deben ser, desde los árboles hasta la propia carcasa que alberga el conjunto, de una robustez mucho mayor que la de otros vehículos. De hecho, en el caso de los tractores agrícolas es normal que la misma carcasa haga las veces de chasis del vehículo (figura 10.1).



10.1 Caja de cambios cuya carcasa actúa como chasis del vehículo.

Para reforzar los elementos más débiles de la caja de cambios (sincronizadores, varillaje...) se han diseñado otros elementos que los sustituyen para disminuir el desgaste y el mantenimiento del sistema de embrague, a la vez que consiguen una mayor suavidad y fiabilidad.

En otros casos se ha llegado incluso a sustituir por completo o en parte la transmisión mediante una cadena cinemática de engranajes accionados hidráulicamente.

De esta evolución nacen los cambios denominados Powershift y sus derivados, y las transmisiones hidráulicas e hidrostáticas.

1.1 > Relaciones de cambio

En función de las tareas que realicen los vehículos es necesario que dispongan de un gran número de relaciones de transmisión para cada circunstancia de trabajo.

De ese modo, una caja convencional para los vehículos agrícolas y de obras públicas suele tener, al menos, cuatro relaciones de velocidad y un conjunto de reductora generalmente más complejo que en el resto de los vehículos por lo siguiente:

- Posee un grupo de marchas cortas y otro grupo de marchas largas, ambos hacia delante.
- Posee un inversor de marcha.

A las marchas normales hay que añadir las que genera la reductora que montan muchos de estos vehículos, y que divide a la mitad la relación de transmisión de las marchas. De esta forma se obtiene el doble número de marchas.

Así, una caja básica de cambios de un vehículo agrícola dispondrá de ocho marchas hacia delante y cuatro hacia atrás.

El inversor de movimiento

Un dispositivo generalizado en los vehículos agrarios y de obras públicas actuales es el inversor de movimiento. Este dispositivo es capaz de invertir el sentido de la marcha sea cual sea la relación engranada en la caja de cambios. Así se dispone de tantas marchas hacia delante como hacia atrás.

10.2 Cabeza tractora de un camión con caja de cambios Powershift.

2 >> Caja de cambios de tipo Powershift

La diferencia más significativa de la caja de cambios Powershift es la sustitución de los sincronizadores de las cajas de cambios manuales por embragues de tipo multidisco bañados en aceite, lo que consigue que el cambio de velocidad se realice suavemente y de forma continua, sin pérdida de velocidad ni de par de salida.

El control de accionamiento de los embragues se realiza mediante electroválvulas hidráulicas, simplificando el conjunto del cambio, su accionamiento y su manejo. Las citadas electroválvulas son comandadas por una unidad de control electrónica que actúa basándose en las demandas del conductor del vehículo o de las circunstancias del trabajo desempeñado en ese instante.

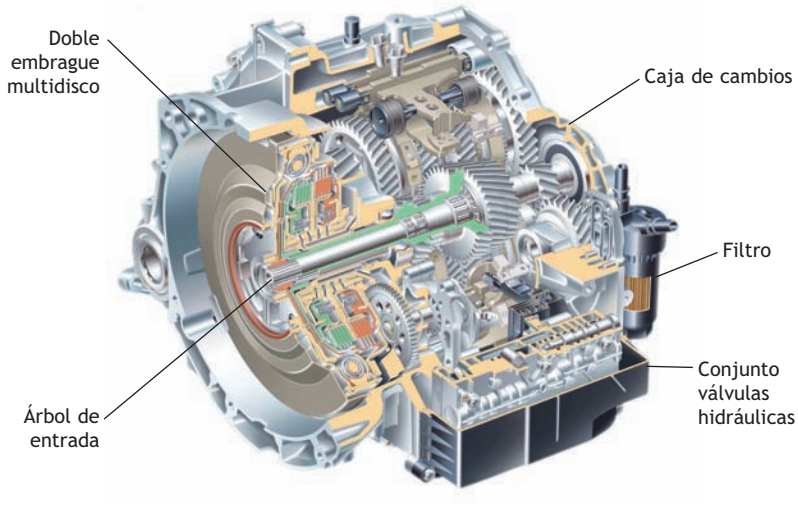
Los valores que son considerados en la unidad electrónica son, entre otros, la carga a la que se somete el propio vehículo debido al trabajo y la velocidad de giro de los ejes de la caja de velocidades.

2.1 > Composición del sistema Powershift

Las cajas de cambios Powershift poseen los siguientes elementos diferenciadores: engranajes, unidad electrónica de control, embragues multidisco bañados en aceite, electroválvulas de accionamiento de los embragues y un conjunto de válvulas hidráulicas.

La unidad electrónica de control acciona las velocidades mediante la actuación del embrague multidisco correspondiente a través de las diferentes electroválvulas. Esta unidad también se encarga de la inversión de giro sin el embrague y del ajuste de la velocidad y del par de salida de la caja de cambios.

El diseño de los intervalos de velocidades se hace de forma muy escalonada para obtener una alta productividad, ahorro en el consumo de combustible y entrega de potencia del motor adecuada a los requerimientos del trabajo. Por ello, en tractores agrícolas se diseñan marchas específicas para la labor en el campo, con toma de fuerza acoplada, y transporte por carretera.



10.3 Composición del sistema Powershift. Fuente: Volvo.

Número de marchas

Una transmisión Powershift básica puede ser de 5/3, es decir, 5 velocidades de marcha hacia delante y 3 de marcha atrás, aunque en vehículos agrícolas de potencia superior a 100 CV se ha generalizado una relación de 16/5.

2.2 > Funcionamiento del sistema Powershift

El cambio Powershift se activa al seleccionar una velocidad. En ese momento la unidad electrónica pone en marcha el embrague de esta velocidad, para lo que envía una señal a la electroválvula que abre el paso de aceite al mecanismo del embrague. De ese modo se transmite el movimiento del engranaje al eje de salida de la caja de cambios.

El proceso de engranaje no es instantáneo, existe un tiempo de transición, de modo que según se alimenta con presión hidráulica el embrague de la nueva marcha, se va eliminado la presión en el embrague de la marcha anterior. De ese modo, el cambio cumple los requerimientos de suavidad y evita la pérdida de par de transmisión.

El proceso de cambio de velocidad se hace en un corto periodo de tiempo, ganando efectividad respecto a un cambio convencional.

10.4 Vehículo agrícola que utiliza una caja de cambios Powershift.

2.3 > Control automático del sistema Powershift

Algunos modelos de este tipo de cambio están dotados del modo de control automático. La activación se inicia eligiendo la velocidad más larga en la cual se va a trabajar, y pulsando a continuación el interruptor «Set».

En este modo de trabajo la caja de cambios selecciona velocidades más cortas, basándose en la carga y la posición del acelerador del motor, cambiando así a velocidades más largas cuando los requerimientos de trabajo se lo permiten.

El sistema deja de trabajar en este modo cuando:

- Se acciona el cambio de forma manual.
- Se selecciona el punto muerto o la inversión de marcha.

Para desactivar la función de control automático, se presiona el botón «Resume». También puede desactivarse al pisar el pedal de embrague, sin embargo de esta forma el control automático volverá a funcionar al soltar dicho pedal.

2.4 > Control del cambio Powershift

10.5 Controles de un vehículo con sistema Powershift.

El control de este cambio se realiza mediante una palanca ubicada en la consola de mando (figura 10.5) que tiene las siguientes posiciones:

- **«Avance»:** para cambiar las velocidades en esta posición se empuja la palanca de cambio hacia delante para engranar velocidades más largas y hacia atrás para velocidades más cortas.
- **«Marcha atrás»:** en esta posición la palanca de cambios, al contrario que en la posición «Avance», seleccionará velocidades más cortas al ser empujada hacia delante y más largas al ser empujadas hacia atrás.
- **«Estacionamiento».**

Por seguridad, la transmisión Powershift adopta la posición de punto muerto cuando la palanca de cambio no está dispuesta en ninguna de las tres posiciones anteriores.

Cambio doble

En algunas cajas de tipo Powershift existe la opción electrónica de cambio doble de marcha. Este modo, por ejemplo en una caja 16/5, permite el salto entre la 5ª y la 12ª, empujando dos veces continuas la palanca de cambios. Con ello se mejora la respuesta en aceleraciones o desaceleraciones.

A su vez, al perder velocidad el vehículo y pisar el embrague, la gestión electrónica emite una señal para adaptar la velocidad a las nuevas condiciones de marcha, para lo que se selecciona la marcha más adecuada de forma automática sin intervención del conductor.

En este tipo de cajas de cambios existe la opción de «Velocidad crucero», que fija una velocidad y la mantiene de forma automática. Para ello se puede aumentar o disminuir la marcha engranada dependiendo de las condiciones de la vía y de la carga.

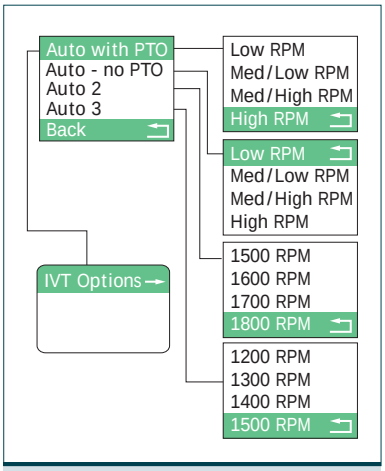
Modo de emergencia

Existe un modo emergencia que permite engranar una velocidad de marcha adelante y otra de marcha atrás, en caso de que el cambio no responda por avería.

Programación de la caja de cambios

Como equipamiento opcional, y en cajas de cambio de accionamiento automático Autopower, se pueden realizar programaciones de la caja de cambios mediante el ordenador de a bordo del vehículo (figura 10.6). En estos casos, se puede programar el mínimo régimen de motor que se mantendrá en condiciones de bajas cargas de trabajo.

En el caso de vehículos de la marca John Deere, esta programación se encuentra en las opciones IVT. Con ella se fijan las revoluciones mínimas a las que debe de girar el motor para que el cambio ajuste de forma automática la velocidad engranada en una solicitación determinada de carga.



10.6 Esquema de una programación de una caja de cambios Powershift.

3 >> Otro tipo de transmisiones

En ocasiones, el tipo de vehículo, su uso o su tipología constructiva recomiendan otro tipo de transmisiones que envían movimiento a las ruedas procedente de la potencia de un sistema hidráulico.

La diferencia fundamental respecto a otros sistemas de transmisión es que el giro se realiza mediante un motor hidráulico acoplado a la transmisión o directamente a las ruedas, de forma que se evita un conjunto voluminoso y pesado de componentes como es la caja de cambios convencional o la de tipo Powershift.

Se debe distinguir entre los dos grandes grupos de transmisiones accionadas por fluidos: las transmisiones puramente hidráulicas y las transmisiones hidrostáticas.

3.1 > Sistemas hidráulicos

En este tipo de transmisiones existe un motor, generalmente de combustión interna alternativo, con una bomba hidráulica acoplada que genera un caudal y una presión que alimenta a los motores hidráulicos que se encuentran en las ruedas en función del régimen de giro que le proporciona el propio motor de combustión.

En este caso, los valores de presión y caudal son fijos para cada número de revoluciones del motor de combustión, consumiendo en cada momento una potencia determinada de dicho motor.

3.2 > Sistemas hidrostáticos

Son un tipo de sistemas hidráulicos que se diferencian del resto en que a igual régimen de giro del motor alternativo, el caudal generado por la bomba es variable, ya que depende de los requerimientos de trabajo que en cada momento se demanden.

Estos sistemas poseen, por tanto, las siguientes ventajas con respecto a los hidráulicos:

- La potencia del motor de combustión que se utiliza en cada momento es la necesaria.
- Se ahorra una importante cantidad de combustible y se emiten menos gases contaminantes.
- El conjunto mecánico se desgasta menos, por lo que se reducen sustancialmente los costes de mantenimiento y el tiempo de inactividad del vehículo, con los problemas que esto último acarrea.

>> Actividades propuestas

1·· Busca imágenes de vehículos con transmisiones hidráulicas y/o hidrostáticas en Internet, revistas técnicas, etc.

2·· ¿Con qué tipo de transmisión, hidráulica o hidrostática, los vehículos cumplirán más fácilmente las normativas anticontaminantes europeas sobre las emisiones de CO_2?

4 >> La transmisión hidrostática

Este tipo de transmisión posee un alto grado de trasferencia de potencia al tratarse de un sistema hidráulico. Se aplica en maquinaria agrícola y, fundamentalmente, de obras públicas. Sus necesidades de mantenimiento son muy escasas, reduciendo los costes, y su durabilidad es muy alta, a la vez que presenta una gran simplicidad mecánica y un diseño compacto.

4.1 > Ventajas de la transmisión hidrostática

Los sistemas de transmisión hidrostática poseen las siguientes ventajas:

- Elevado rendimiento, que puede alcanzar un 90%, frente al rendimiento del 70% de una transmisión mecánica.
- Una mayor potencia transmitida con un consumo de combustible menor en el motor de combustión interna.
- Progresividad de funcionamiento, puesto que facilita una variación continua de la velocidad, sin interrupciones en la transmisión de par, mediante válvulas proporcionales o con dispositivos de variación de caudal variable.
- Inversión del sentido de giro sin que intervenga ningún dispositivo mecánico.
- Posibilidad de variar el par de aplicación a la transmisión únicamente variando la presión. Además del volumen de fluido movido y de la velocidad, puede controlarse el par motor de forma independiente.
- Central hidráulica única para varios dispositivos: unidades de transmisión, dirección, etc., disminuyendo de esta forma el coste del vehículo y su mantenimiento.
- El tamaño compacto de los componentes permite obtener un reparto mejor de los pesos en el vehículo.
- Fácil mantenimiento del sistema que consiste en cambios de aceite y de filtros, y en la verificación de latiguillos y posibles fugas.
- Eliminación de las vibraciones típicas de una transmisión convencional mecánica, proporcionando un mayor confort de marcha.

10.7 Vehículo agrícola con transmisión hidráulica.

4.2 > Funcionamiento del sistema hidrostático

El giro que una rueda debe realizar para proporcionar movimiento al vehículo puede transmitirse por diferentes medios. En los casos más convencionales se efectúa con un conjunto de mecanismos como palier, corona y piñón de ataque que, al recibir el giro de la caja de cambios, lo transmite finalmente a las ruedas.

Pero se puede obtener el mismo efecto si se dispone de unos receptores de presión que transformen la potencia de un fluido en trabajo. De tal planteamiento nacen las transmisiones hidrostáticas, donde los receptores son motores hidráulicos que giran gracias a la presión y al flujo de un fluido, proporcionando a su vez giro a las ruedas del vehículo, de forma directa o mediante un conjunto de engranajes (figura 10.8).

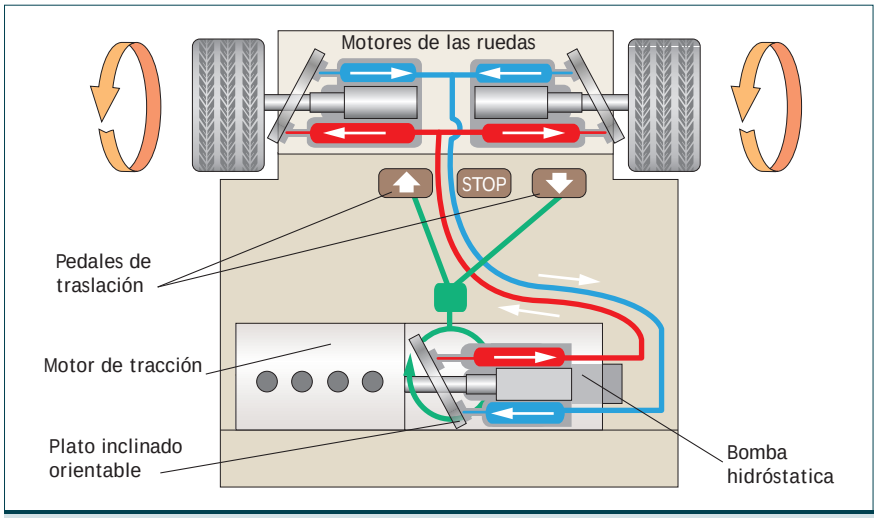
Si se pretende avanzar a una velocidad determinada, únicamente tenemos que aplicar un caudal y una presión en el motor de transmisión, de forma que, mientras le llegue fluido, este girará y el vehículo obtendrá una determinada velocidad. A mayor caudal de fluido hidráulico mayor giro y, por tanto, mayor velocidad.

En el caso de querer detener el vehículo, únicamente se tendrá que ir disminuyendo la cantidad de fluido hasta alcanzar el valor nulo, quedando así el vehículo totalmente parado.

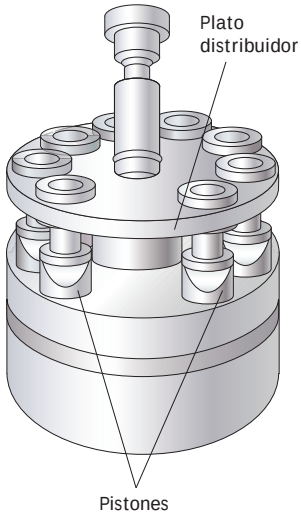
En el caso de pretender la inversión de velocidad, los motores están concebidos para poder girar en sentido contrario al introducirse en ellos el aceite a presión por otro orificio específico para ello.

Como resumen se puede concluir que:

1. El caudal de fluido proporciona la velocidad del vehículo.
2. La presión del fluido proporciona la potencia transmitida a las ruedas o a la entrada de la cadena cinemática.
3. La dirección en la que circula el fluido o, lo que es lo mismo, el lado donde incide el flujo de aceite en los álabes del motor hidráulico, proporciona el sentido de giro.



10.8 Funcionamiento del sistema hidrostático.



10.9 Bomba de émbolos axiales del sistema hidrostático.

5 >> Componentes de la transmisión hidrostática

Los elementos que conforman las transmisiones hidrostáticas son, esencialmente: un depósito para contener el fluido hidráulico, una bomba variable de émbolos axiales, tuberías o canalizaciones y un motor de émbolos axiales de caudal fijo.

5.1 > Constitución de la bomba

El tipo de bomba más empleado en los vehículos agrícolas y de obras públicas es la bomba de émbolos axiales de caudal variable, que se compone de un conjunto de pistones, un plato distribuidor, una bomba de carga y unas válvulas de chequeo direccionales (figura 10.9).

Conjunto de pistones

Este grupo de pistones giratorio se une con el eje de entrada y es impulsado por el motor. Está formado por un bloque con numerosos cilindros mecanizados de alta precisión donde se alojan cada uno de los pistones de la bomba.

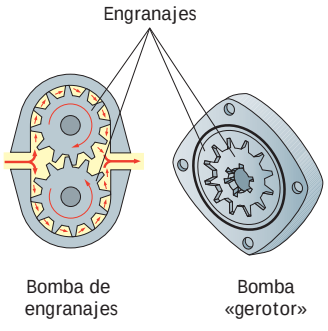
Los pequeños pistones de la bomba están compuestos por el pistón y la corredera del pistón. La corredera es un componente fabricado en bronce o aluminio que se une al pistón y lo mueve cuando la bomba está en funcionamiento.

Plato distribuidor

A medida que el grupo de pistones gira, estos se mueven hacia dentro y hacia fuera de sus orificios bombeando el aceite. La cantidad de aceite bombeado es controlada por el ángulo del plato distribuidor.

Mientras el plato distribuidor se mantenga en posición neutral, no se bombeará aceite. Sin embargo, al aumentar el ángulo del plato, aumentarán también la carrera del pistón y la cantidad de aceite bombeado, cambiando así la velocidad de desplazamiento.

Al presionar el conductor el pedal de marcha, aumenta progresivamente el ángulo del plato distribuidor y, de ese modo, la bomba de pistones comienza a bombear aceite, que se dirige a los elementos de trabajo, ya sea la propia bomba o los motores del sistema.



10.10 Tipos de bombas de carga.

Bomba de carga

Mientras la transmisión está en funcionamiento, dentro de los elementos de la bomba y del motor hay una controlada pérdida constante de aceite. De ese modo se genera una pequeña cantidad de aceite que forma una cámara entre la cara de la corredera y la arandela de empuje. Este aceite se intercambia continuamente durante el funcionamiento.

Algunos sistemas disponen de una bomba, denominada bomba de carga, que puede ser de engranajes o una bomba de engranaje interno giratorio «gerotor» (figura 10.10). La salida de la bomba es variable según aumente o disminuya la velocidad de giro del motor. El aceite sobrante que no necesita el circuito de transmisión escapa por una válvula de sobrepresión y vuelve al depósito.

Válvulas de chequeo direccionales

Las válvulas de chequeo direccionales se incorporan al circuito de carga para dirigir la salida de la bomba de carga al circuito de baja presión del circuito de transmisión. El aceite fluye al lado a baja presión para reemplazar el aceite perdido por las fugas internas normales de funcionamiento. El aceite del circuito de alta presión cierra la válvula restante de chequeo de forma que el aceite de alta presión no pueda escapar hacia el circuito de carga.

>> Casos prácticos

Prueba de presión de la bomba de carga

•• En un vehículo que incorpora un sistema de transmisión hidrostática, verifica que la bomba de carga está alimentando con la presión adecuada a la bomba hidrostática.

Solución ••

Para llevar a cabo esta verificación debemos realizar lo siguiente:

1. Estacionamos el vehículo en un lugar plano y apagamos el motor.
2. Verificamos que los mandos de marcha responden y vuelven a la posición neutra cuando dejamos de actuar sobre ellos.
3. Arrancamos el motor y dejamos que se alcance la temperatura de funcionamiento del fluido hidráulico.
4. Detenemos el motor y nos aseguramos de que todos los sistemas están sin presión.
5. Identificamos el tubo de salida del filtro que se encuentra a la entrada de bomba.
6. Montamos el equipo de prueba entre el filtro y la entrada a la bomba. Para ello, hacemos uso de adaptadores, si fuera necesario.
7. Arrancamos el motor y lo dejamos al número de revoluciones que indica el fabricante para la prueba, generalmente ralentí alto.
8. Revisamos la lectura del manómetro del equipo de verificación montado, y comprobamos que no existen fugas en el sistema.
9. Contrastamos las lecturas. La presión en bombas de vehículos agrícolas y de obras públicas depende del fabricante, pero suele encontrarse entre 150 y 350 PSI:
   - Si la presión se encuentra dentro de los valores indicados por el fabricante, el funcionamiento de la bomba de carga es correcto.
   - Si no se alcanza la presión mínima de carga, puede ser debido a que el filtro posea una importante colmatación, por lo que debería ser revisado y, en su caso, sustituido.
10. Debemos verificar también lo siguiente:
    - Que el conducto de aspiración esté en perfecto estado y que no presente fugas ni obstrucciones.
    - La no existencia de posibles fugas de aire y que la bomba no esté defectuosa.

5.2 > Motor hidrostático

En algunos casos se utiliza un motor hidrostático de configuración constructiva muy parecida a una bomba de pistones, a diferencia de que el plato distribuidor es variable. Estos motores pueden montarse en diferentes sistemas.

La disposición de los motores hidrostáticos puede presentar diferentes configuraciones. Las más usuales son:

- Formando parte del conjunto bomba-motor.
- Acoplado directamente a la rueda del vehículo. Estos vehículos suelen disponer de una unidad motora.
- Acoplado a un sistema de transmisión con engranajes de cualquier tipología (helicoidales, epicicloidales, etc.).
- Acoplado al eje de entrada del diferencial, o al puente o puentes encargados de transmitir la tracción a las ruedas del vehículo.

Para cambiar el sentido de avance y así poder realizar un movimiento de marcha atrás, se lleva la palanca de cambio de marcha hasta la posición neutra y posteriormente hasta la posición de retroceso. En esta posición, el aceite se bombea al lado opuesto del motor y el vehículo se mueve en sentido contrario.

5.3 > Aceites para los sistemas hidráulico e hidrostático

Por regla general, en los vehículos agrícolas y de obras públicas se suele compartir el aceite entre los elementos de transmisión, el diferencial y el resto de sistemas hidráulicos, e incluso, en ocasiones, con el mando del sistema de frenado.

Estos aceites están formados con aditivos y bases refinadas para conseguir:

- Los requerimientos de lubricación necesarios.
- Resistencia a altas temperaturas
- Mantenimiento de sus características al someterse a altas presiones.

Si no se utiliza un tipo de aceite adecuado para circuitos hidráulicos, éste no será capaz de soportar los grandes esfuerzos de trabajo, pudiendo producirse un desgaste prematuro del conjunto, falta de tracción o ruidos, vibraciones en el vehículo y, en su caso, pérdida de efectividad en otros circuitos auxiliares hidráulicos, como los frenos.

Para la mayoría los usos hidráulicos se recomienda un fluido de viscosidad ISO 68 ó SAE 10W-30 (figura 10.11), aunque también puede requerirse la certificación API GL-4 para los engranajes.

En vehículos agrícolas, de obras públicas e industriales es más usual indicar el periodo de sustitución del aceite en horas de trabajo, ya que el vehículo difícilmente alcanzará los kilómetros requeridos para la sustitución. Así, es recomendable el cambio del aceite a las 200 horas de trabajo o, al menos, una vez cada tres años.

Para poder controlar este tiempo, los vehículos agrícolas y de obras públicas suelen incorporar un contador de horas de funcionamiento en el cuadro de instrumentos.

10.11 Aceite para transmisiones hidrostáticas.

>> Casos prácticos

Realización de las pruebas hidráulicas en una bomba hidrostática

•• Realiza las pruebas hidráulicas necesarias para comprobar el estado de una bomba hidrostática instalada en un vehículo.

Solución ••

Para realizar la prueba hay que asegurarse de que el nivel de aceite se encuentra entre las marcas de la varilla «Max/Min» que suele ir ubicada en el depósito. Una cantidad de aceite inferior a la recomendada puede provocar trabajo en vacío y llegar a romper la bomba y el motor hidráulico.

Hay que limitar el trabajo de las válvulas de descarga a un tiempo no superior a 10 segundos para que no se sobrecaliente el fluido. El proceso de verificación sería el siguiente:

1. Estacionamos el vehículo en un lugar plano y apagar el motor de combustión.
2. Verificamos que los mandos de accionamiento de marcha responden y vuelven a su posición neutral al dejar de actuar sobre ellos.
3. Arrancamos el motor de combustión y dejamos que se alcance la temperatura correcta de funcionamiento del aceite.
4. Detenemos el motor de combustión.
5. Identificamos primeramente los puntos de verificación y conexión para la realización de la prueba.
6. Desmontamos cuidadosamente la tapa del registro de verificación.
7. Montamos la conexión en el orificio y la aseguramos al mismo mediante la tornillería asociada o, en su caso, con la conexión rápida.
8. Montamos el manómetro en la manguera usando los acopladores existentes si son necesarios, de forma que resulte fácil su lectura.
9. Activamos el freno de estacionamiento para dejar totalmente inmovilizado el vehículo. Colocamos la palanca en posición neutra y arrancamos de nuevo el vehículo.
10. Posicionamos la palanca selectora de movimiento en marcha de avance hacia delante y verificamos la lectura en el manómetro.
11. Quitamos el freno de estacionamiento y volvemos a poner la palanca en posición de avance hacia delante; observamos de nuevo la lectura del manómetro.
12. Verificamos que los datos de las lecturas son los indicados por el fabricante. En vehículos agrícolas para una presión indicada de 6 000 PSI se admite un valor de desviación de unos 200 PSI.
13. Comprobamos que al llegar a la presión máxima indicada por el fabricante la válvula de descarga se abre, lo que se aprecia por un silbido característico que se produce en el sistema hidráulico.
14. También debemos realizar esta operación para la marcha atrás del vehículo, apreciando lo mismo que en el punto anterior.

La presión de trabajo debe llegar aproximadamente a la marcada por el fabricante en los dos sentidos de marcha del vehículo para, acto seguido, descender, debido a la entrada en funcionamiento de las válvulas de descarga.

6 >> Útiles y equipos de comprobación de las transmisiones hidráulicas

Las comprobaciones de los sistemas hidráulicos van dirigidas fundamentalmente a verificar el funcionamiento de los elementos que generan la presión, la estanqueidad del sistema y el funcionamiento correcto de las válvulas o electroválvulas, sean estas de accionamiento o de seguridad.

Para comprobar el funcionamiento correcto de los elementos que generan la presión y el caudal, es necesario analizar su trabajo. Para ello, se realizan diferentes medidas de presión y caudal en diferentes puntos del circuito que pueden indicar su efectividad, utilizando diferentes dispositivos medidores.

Para comprobar la estanqueidad se debe realizar una verificación visual de que no existen fugas, por dos motivos fundamentales:

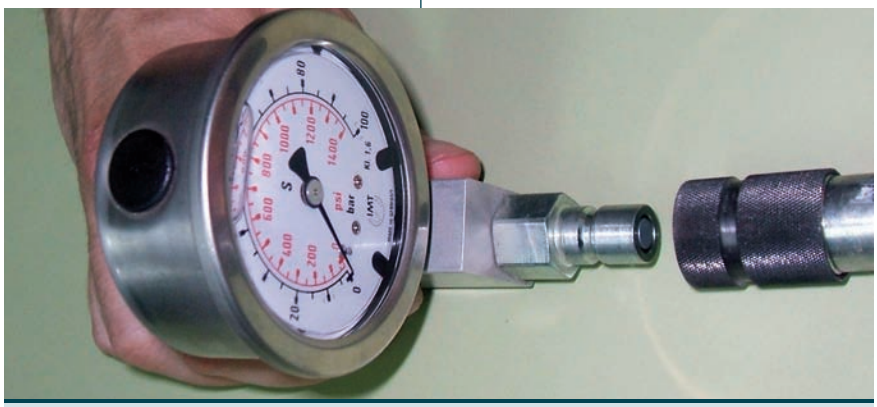
- Disminución de la efectividad y el rendimiento del sistema.
- Problemas importantes de contaminación; no olvidemos que los fluidos que se escaparían son aceites que requieren un tratamiento específico como residuos.

6.1 > Verificación de las lecturas

Cuando se realizan las medidas se deben verificar las lecturas obtenidas teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Si la presión no alcanza la mínima admisible dentro del rango del fabricante en ambas direcciones, hay que realizar la prueba de la bomba de carga.
- Si la presión de carga es correcta y la presión de la bomba hidrostática o hidráulica no alcanza el valor de apertura de válvula de descarga, la bomba presenta un desgaste significativo o está averiada, debiendo ser revisada o sustituida.
- Si la presión recomendada por el fabricante se obtiene en un solo sentido de marcha, una de las válvulas de descarga puede estar defectuosa o engarrotada. También se puede deber a la existencia de una fuga en el tramo del circuito hidráulico.

6.2 > Medidores de presión hidráulica de desconexión rápida



10.12 Medidor de presión de desconexión rápida.

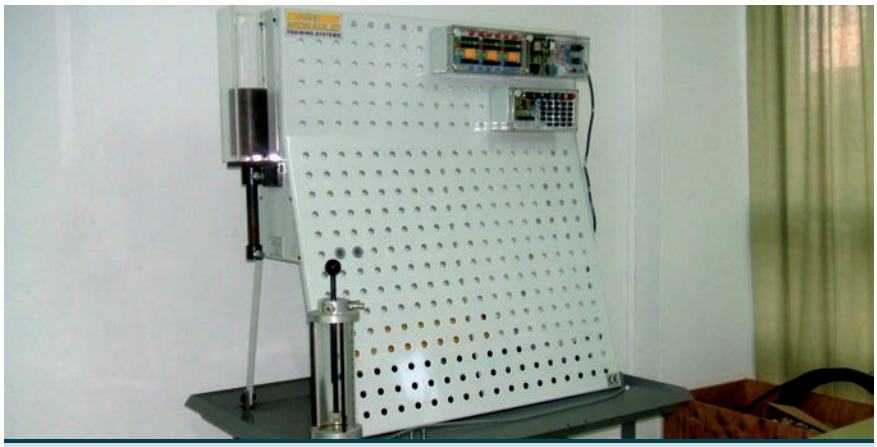
Algunos fabricantes dotan a sus equipos de conexiones rápidas para su comprobación, algo que evita tener que desmontar elementos del sistema. Para estas conexiones existen unos medidores de presión hidráulica específicos con manguera de extensión y conexiones de desconexión rápida (fiugra 10.12).

Existen medidores de desconexión rápida de 1 000, 5 000 y 10 000 PSI, en función de las presiones que se quieran medir.

6.3 > Probadores hidráulicos de presión y flujo

En algunas ocasiones la comprobación de la presión y del caudal implica realizar desconexiones e intercalar **probadores hidráulicos** (figura 10.13). Estos equipos suelen estar compuestos por los siguientes elementos:

- **Manguera de entrada.** Se conecta de forma correcta desde el circuito del sistema a la entrada del probador.
- **Válvula de carga.** Accionando esta válvula se puede restringir el caudal del sistema y, por tanto, conseguir una carga de trabajo ficticia en el circuito hidráulico.
- **Medidor de baja presión.** Es todo aquel que pueda realizar lecturas precisas de presión entre 0 y 1 000 PSI. Dispone de válvulas de protección que se cierran cuando la presión está a punto de exceder el rango normal del medidor. Esta presión de corte es ajustable.
- **Medidor de alta presión.** Es aquel capaz de medir presiones entre 0 y 5 000 PSI. Estos medidores se pueden conectar en paralelo con los de baja presión en los sistemas hidráulicos.
- **Medidor de flujo o caudal.** Son dispositivos que permiten medir el caudal de aceite real del circuito en funcionamiento. La lectura se suele realizar en litros por minuto. Deben conectarse en serie para que su lectura sea correcta, puesto que, de otro modo, parte del caudal no pasaría por ellos y sus lecturas serían erróneas.
- **Manguera de salida.** Va desde la salida del probador hidráulico hasta el circuito hidráulico, donde se conecta de forma que todo caudal de aceite que ha pasado por él retorna al sistema para evitar su bajada de nivel, con los problemas que ello puede llegar a suponer.



10.13 Probador hidráulico.

>> Actividades propuestas

3·· Identifica los elementos de comprobación de un sistema hidráulico que se encuentran en el taller de prácticas.

4·· Identifica los elementos de comprobación y su tipo de conexión en los paneles de prácticas hidráulicas del taller.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué entiendes por caja de cambios Powershift?

2·· ¿Qué particularidades tienen las cajas de cambios Powershift?

3·· ¿Qué tipo de bomba es la más utilizada en las transmisiones hidrostáticas?

4·· En una transmisión hidrostática, ¿qué determina la velocidad y qué la potencia?

5·· ¿Cómo se efectúa la marcha atrás en una transmisión hidrostática?

6·· Enumera las operaciones de mantenimiento de una transmisión hidrostática.

7·· ¿Qué requerimientos presentan los aceites apropiados para los sistemas de transmisión hidráulicos e hidrostáticos?

8·· ¿Cuáles son las disposiciones más usuales de los motores en los vehículos dotados de sistemas de transmisión hidráulicos?

9·· ¿De qué están compuestos los probadores de presión hidráulica? Explica la misión de cada uno de estos comprobadores.

10·· Si la presión de carga es correcta y la presión de la bomba hidrostática o hidráulica no alcanza el valor de apertura de válvula de descarga, ¿a qué se debe esta avería?

11·· Si la presión recomendada por el fabricante se obtiene en un solo sentido de marcha, ¿a qué se debe esta avería?

.: APLICACIÓN :.

1·· Busca sobre un vehículo con transmisión hidráulica o hidrostática los puntos de verificación de presión hidráulica del sistema de transmisión.

2·· En un vehículo con transmisión hidráulica o hidrostática, comprueba que otros circuitos del vehículo, como el sistema de frenado, el sistema de elevación, etc., comparten el líquido de transmisión con dichos sistemas de transmisión.

3·· Busca los intervalos de cambio de líquido hidráulico según distintos fabricantes de vehículos de obras públicas, industriales y agrícolas.

Caso final

Purgado del aire existente en el circuito de transmisión hidráulica

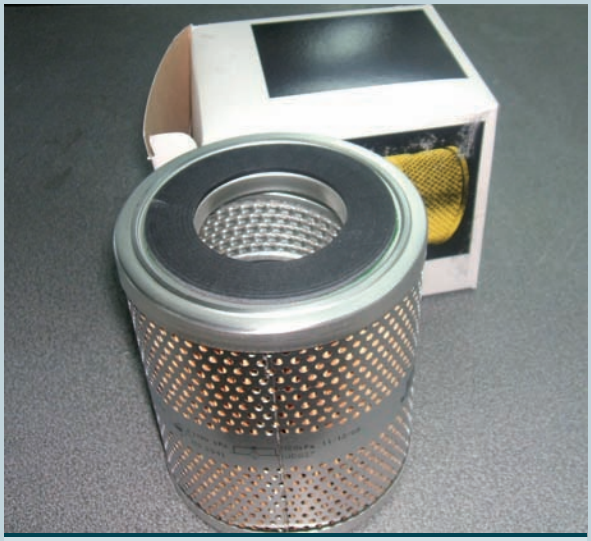
•• Elimina el aire contenido en el sistema hidráulico de transmisión al efectuar una reparación para el perfecto funcionamiento del mismo, evitando así posibles deterioros de diferentes componentes.

Solución ••

De detectarse impurezas o contaminación en el sistema hidráulico o su filtro, hay que realizar la reposición de todo el volumen de líquido hidráulico. También en las intervenciones de circuitos hidráulicos donde se realice el cambio de filtro es necesario rellenarlo de aceite nuevo y sustituir el filtro antes de su montaje.

Para realizar el purgado seguimos los siguientes pasos:

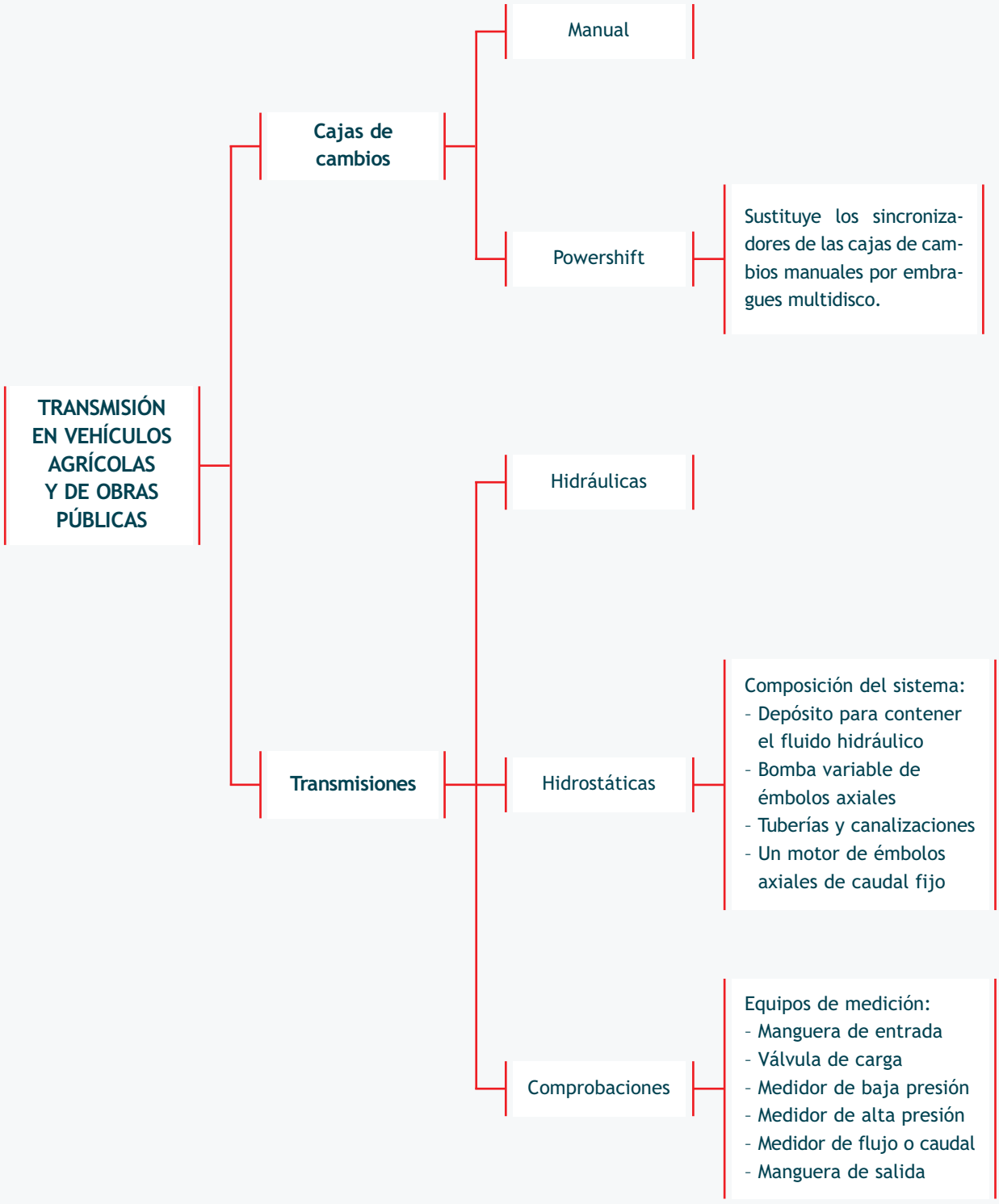
1. Instalamos el nuevo filtro (figura 10.14).
2. Rellenamos el depósito de aceite hasta el nivel recomendado por el fabricante.
3. Debemos evitar que arranque el motor de combustión mediante la desconexión del solenoide de cierre de combustible. También debemos situar el estrangulador mecánico en posición de parada del sistema.
4. Hacemos girar el motor con el motor de arranque durante un tiempo no superior a 10 segundos, para evitar que dicho motor de arranque se averíe (figura 10.15).
5. Conectamos la instalación de dicho solenoide de alimentación de combustible y ponemos el caso del estrangulador mecánico en posición de marcha de motor.
6. Elevamos las ruedas motrices del vehículo y colocamos los útiles para sujetarlo en esa posición.
7. Arrancamos el motor y lo dejamos a ralentí hasta que llegue a la temperatura óptima de trabajo.
8. Accionamos el mando de marcha hacia delante en su máxima posición y dejamos que funcione durante 10 segundos después de escuchar la puesta en marcha de la válvula de descarga. Realizamos la misma operación con la marcha atrás.
9. El conjunto se encontrará completamente purgado cuando no se detecten irregularidades de tracción en los motores y no existan ruidos característicos de aire en el circuito hidráulico. Si el vehículo no dispone de una tracción correcta, procederemos de nuevo al purgado del circuito hidráulico.



10.14 Filtro nuevo del sistema de transmisión hidráulica.

10.15 Accionamiento del motor de arranque del vehículo.

Ideas clave


TRANSMISIÓN EN VEHÍCULOS AGRÍCOLAS Y DE OBRAS PÚBLICAS
Cajas de cambios
Manual
Powershift
Sustituye los sincronizadores de las cajas de cambios manuales por embragues multidisco.
Transmisiones
Hidráulicas
Hidrostáticas
Composición del sistema:
- Depósito para contener el fluido hidráulico
- Bomba variable de émbolos axiales
- Tuberías y canalizaciones
- Un motor de émbolos axiales de caudal fijo
Comprobaciones
Equipos de medición:
- Manguera de entrada
- Válvula de carga
- Medidor de baja presión
- Medidor de alta presión
- Medidor de flujo o caudal
- Manguera de salida

«Uno de los mayores problemas que nos encontramos al contratar técnicos es la falta de conocimiento en sistemas hidráulicos»

La siguiente entrevista sobre las demandas de técnicos formados del sector de reparación de vehículos agrícolas, obras públicas e industriales, fue realizada por los autores de este libro a Javier Hervás, jefe de postventa del concesionario oficial John Deere HERVÁS S.L.

Pregunta: ¿Son importantes los conocimientos de sistemas hidráulicos que posea un operario a la hora de reparar este tipo de vehículos?

Respuesta: Sí, por supuesto. Hay que considerar que todo el trabajo que desarrollan estos vehículos agrícolas que, en muchos casos, se utilizan en obra civil, están accionados por circuitos hidráulicos, como los elevadores tripuntales traseros y delanteros en su caso, el sistema de dirección e incluso cualquier otro tipo de apero que se les pueda enganchar (niveladoras, palas cargadoras, remolques para el acarreo de cargas, etc.).

Pregunta: ¿Es importante que los profesionales que demandáis para trabajar tengan conocimientos amplios sobre este tipo de sistemas?

Respuesta: Indudablemente, uno de los mayores problemas que nos encontramos al contratar a los técnicos de reparación es la falta, en muchos casos, de conocimientos básicos en esta materia. Ello implica para nosotros tener que formar a nivel básico al profesional, lo que repercute directamente en una ralentización de la productividad en la empresa. En todo el sector buscamos profesionales salidos de la formación profesional con unos conocimientos, al menos básicos, que nos permitan, a las diferentes empresas, partir de esos conocimientos y particularizarlos para la marca que cada uno de nosotros comercializa. Con esto se conseguiría una productividad elevada en muy poco tiempo e, incluso, un valor añadido a la formación del técnico que le puede permitir negociar con la empresa sus condiciones laborales.

Pregunta: Hay muchos estudiantes o profesionales de otros sectores de la automoción que piensan que los vehículos agrícolas, de obras públicas e industriales, no disponen de tecnología de última generación. ¿Que contestarías a estas afirmaciones?

Respuesta: Bien, en principio hay que recordar que quizá hace unos años esto era así. La tecnología en motores o en cualquier circuito eléctrico de estos vehículos era lo más básico posible para cumplir con su cometido. Sin embargo hoy en día hay que pensar que tenemos motores de common-rail de muy alta presión, líneas CAN-bus, varias unidades electrónicas de control, tanto para cambio de velocidades, como para motores, sistemas de elevación, habitáculos, etc. Con todo esto quiero decir que el técnico que trabaja en este sector tiene que estar completamente al día de estas tecnologías, y las diferentes marcas gastamos mucho dinero en formación para poder mantener un servicio postventa de calidad para nuestros clientes. Por este motivo, nuestros mecánicos deben ser muy competitivos, puesto que la estancia de los vehículos en nuestro taller debe ser la mínims posible, ya que de ello depende poder cumplir los objetivos de las subcontratas de obra civil y obras públicas de infraesctucturas (carreteras, red ferroviaria, puertos, etc.).

Pregunta: Javier, ¿qué les dirías a los futuros titulados en esta rama de la formación profesional?

Respuesta: Fundamentalmente que formarse en este o en otro sector relacionado es una garantía de éxito y promoción profesional.

unidad 11

Los frenos en el vehículo

SUMARIO

- Conceptos teóricos de la frenada
- Los frenos de disco, tambor y estacionamiento.
- El sistema hidráulico de freno

OBJETIVOS

- Entender los principales parámetros teóricos que afectan a la acción de frenado de un vehículo.
- Dominar los principales tipos de freno existentes en los vehículos: de disco, de tambor y de estacionamiento.
- Conocer el sistema hidráulico de freno.
- Conocer los frenos de las motocicletas.

1 >> Los frenos del vehículo

Los frenos de un vehículo tienen como misión detener la marcha de dicho vehículo a voluntad del conductor de forma eficaz y sin perder la estabilidad durante el proceso.

Los frenos de un vehículo son, generalmente, de dos tipos:

- Frenos de disco
- Frenos de tambor

Debido a las ventajas que ofrecen los sistemas de frenos de disco, cada vez más a menudo son estos los que se montan. Normalmente, los frenos de tambor se utilizan hoy en día en los vehículos de gama media-baja.

1.1 > Reparto de la frenada por ejes

Aunque los vehículos suelen disponer de un freno por rueda, se debe diferenciar el reparto del peso por cada uno de los ejes (delantero y trasero).

El reparto de la frenada en un vehículo se selecciona en función de los pesos en cada eje. De esta forma, lo más habitual es que el eje delantero, al disponer de más peso debido al montaje del motor de combustión, posea una mayor capacidad de frenada. El porcentaje de frenado, por lo tanto, suele repartirse de la siguiente forma:

- El eje delantero, que suele soportar el peso del motor, dispondrá de entre un 60 y un 70% de la frenada.
- El eje trasero, que no suele soportar el peso del motor, dispondrá de un 30 a un 40% de la frenada.

Existen compensadores y repartidores de frenada que, en función del peso que se acumule en el vehículo, distribuyen la frenada entre los dos ejes.

Tipos de frenos en los ejes

Normalmente, los frenos delanteros de los vehículos actuales suelen ser de disco, debido a que en ese eje es donde se instala más habitualmente el motor. El tipo de frenos para el eje trasero varía en función de las características del vehículo.

1.2 > Parámetros importantes durante el frenado

En toda acción de frenado existen unos parámetros que se deben tener en cuenta, ya que influyen en su resultado:

- **Fuerza de ejecución:** es la fuerza que el conductor aplica sobre el pedal de freno. Según la intensidad de dicha fuerza se obtendrá una frenada mayor o menor.
- **Fuerza de frenado:** es la fuerza total que ejerce la pastilla sobre el disco de freno.
- **Fuerza de adherencia:** es la superficie de rozamiento del neumático con el suelo; a mayor superficie de contacto mayor poder de frenado. Un neumático en mal estado o una suspensión del vehículo deficiente pueden aumentar la distancia de frenado entre un 30 y un 40%.
- **Superficie de contacto:** es la superficie de rozamiento de la pastilla con el disco, o de la zapata con el tambor de freno; a mayor superficie de contacto mayor fuerza de frenado. En este parámetro influyen las dimensiones de los discos y tambores de freno, y de las pastillas y zapatas.
- **Coeficiente de fricción** del disco y el tambor de freno con la pastilla y la zapata. Cuanto mayor sea este coeficiente, mayor será la fuerza de frenado.

2 >> Distancia de frenado de un vehículo

La distancia de frenado es la distancia que recorre el vehículo desde que el conductor acciona los frenos hasta que se detiene completamente.

Además de la distancia de frenado, en el proceso de frenado se tienen en cuenta otros factores:

- **Condiciones de frenado:** son, básicamente, el estado climatológico y el de la calzada por donde circula el vehículo.
- **Distancia de reacción:** es la distancia en metros que recorre el vehículo desde que el conductor observa el obstáculo hasta que este acciona los frenos. Depende del estado psico-físico del conductor, que puede verse alterado por enfermedad, el consumo de bebidas alcohólicas o estupefacientes, las condiciones visuales de la calzada, etc.
- **Distancia de detención:** es la distancia en metros desde que el conductor observa el obstáculo hasta que el vehículo se detiene.

2.1 > Datos que influyen en la distancia de frenado

Los principales datos para calcular la distancia de frenado de un vehículo son los siguientes:

- **Fuerza aplicada sobre el pedal de freno:** es la fuerza aplicada por el pie del conductor sobre el pedal de freno durante el frenado; a mayor fuerza de aplicación, mayor será la capacidad de frenado.
- **Adherencia de los neumáticos sobre el suelo:** es un elemento clave en la distancia de frenada. Unos neumáticos en mal estado pueden elevar la distancia de frenada entre un 15 y un 20%.
- **La velocidad de inicio de frenada del vehículo:** a mayor velocidad de inicio de frenada del vehículo mayor distancia necesitará el mismo para detenerse. Es muy importante tener en cuenta que la distancia de frenado no es directamente proporcional a la velocidad, es decir, si un vehículo que circulaba a 60 km/h ha necesitado 18 m para detenerse, a 120 km/h no se parará al doble de distancia, sino que esta será bastante mayor.
- **El estado de las suspensiones de un vehículo:** si el sistema de suspensión está en mal estado y no asegura el correcto apoyo de las ruedas sobre el asfalto, la distancia de frenado puede llegar a aumentar hasta cerca de un 20%.
- **El peso del vehículo:** el aumento del peso hace que también aumente la distancia de frenado.
- **Factores ambientales:** como el viento a favor, en contra o transversal sobre el vehículo, la lluvia, la nieve, la suciedad en la calzada...

Distancia de seguridad

La distancia de seguridad es aquella distancia entre vehículos que permite, en caso de frenado brusco del vehículo delantero, que el posterior se detenga sin colisionar con él. Esta distancia depende de la velocidad de circulación y de las condiciones de frenado y de adherencia de la carretera.

La distancia de seguridad aumenta con la velocidad:

- A 50 km/h la DS es de 25 m
- A 90 km/h la DS es de 81 m
- A 100 km/h la DS es de 100 m
- A 120 km/h la DS es de 144 m

Esta distancia se duplica en superficies mojadas.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Qué es la distancia de frenado de un vehículo y qué factores la determinan?

2.2 > Cálculo de la deceleración en la frenada

Si la fuerza aplicada por el conductor sobre el pedal de freno es constante, los frenos ejercerán una fuerza de frenada y una deceleración también constantes. La deceleración se calcula con la siguiente fórmula:

$$a = \frac{F}{m/g}$$

a = Deceleración en m/s^2
F = Fuerza de frenada en newtons (N)
m = Masa total del vehículo en kilogramos
g = Coeficiente de aceleración ($9{,}8\ m/s^2$)

2.3 > Cálculo de la distancia de frenado

Con el cálculo de la distancia de frenado se puede apreciar el rendimiento del sistema de frenos. Se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$e = \frac{v^2}{2a}$$

e = Distancia de frenado en metros
v = Velocidad expresada en m/s
a = Deceleración en m/s^2

2.4 > Cálculo del tiempo de frenado

El tiempo de frenado es el que se necesita para la total detención del vehículo. Se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$t = \frac{v}{a}$$

t = Tiempo de frenado en segundos
v = Velocidad expresada en m/s
a = Deceleración en m/s^2

De km/h a m/s

Para poder utilizar las fórmulas de esta página es necesario expresar la velocidad en m/s. Para pasar de km/h a m/s solo hay que multiplicar la velocidad en km/h por 1 000 y dividir el resultado entre 3 600:

$$54\ km/h = 54 \cdot \frac{1\,000}{3\,600}\ m/s = 15\ m/s$$

>> Casos prácticos

•• Un vehículo que pesa 1 000 kg circula a 90 km/h. En un determinado momento el conductor visualiza un obstáculo que le obliga a detener el coche, para lo que activa el freno ejerciendo una fuerza de frenada de 680 N. ¿Cuál será la distancia y el tiempo de frenado?

Solución ••

Comenzamos la resolución del problema calculando la deceleración mediante su fórmula:

$$a = \frac{680}{1\,000/9{,}8} = 6{,}7\ m/s^2$$

A continuación, transformamos la velocidad de kilómetros por hora a metros por segundo para poder utilizar las fórmulas:

$$v = 90\ km/h = 90 \cdot \frac{1\,000}{3\,600} = 25\ m/s$$

Finalmente, para calcular lo que nos piden, aplicamos las fórmulas:

$$e = \frac{25^2}{2 \cdot 6{,}7} = \frac{625}{13{,}4} = 46{,}64\ m \text{ recorre hasta parar} \qquad t = \frac{25}{6{,}7} = 3{,}73\ s \text{ tarda en parar}$$

3 >> Freno de disco

Los frenos de disco son los frenos más utilizados en los vehículos actuales. De hecho, en el eje delantero prácticamente siempre se montan este tipo de frenos.

Los frenos de disco presentan las siguientes ventajas con respecto a los frenos de tambor:

- Mayor poder de frenado, ya que la distancia de frenado es inferior con respecto a los frenos de tambor.
- Mayor estabilidad en las frenadas.
- Menor pérdida de rendimiento del frenado con el aumento de la temperatura de sus componentes.
- Mayor facilidad de montaje, lo que reduce los costes.

3.1 > Funcionamiento de los frenos de disco

El funcionamiento de los frenos de disco se basa en la fricción de dos cuerpos distintos: el disco y las pastillas de freno. El aumento del rozamiento entre ellos produce la detención del movimiento de dicho disco, el cual se encuentra fijado de manera solidaria a la rueda correspondiente.

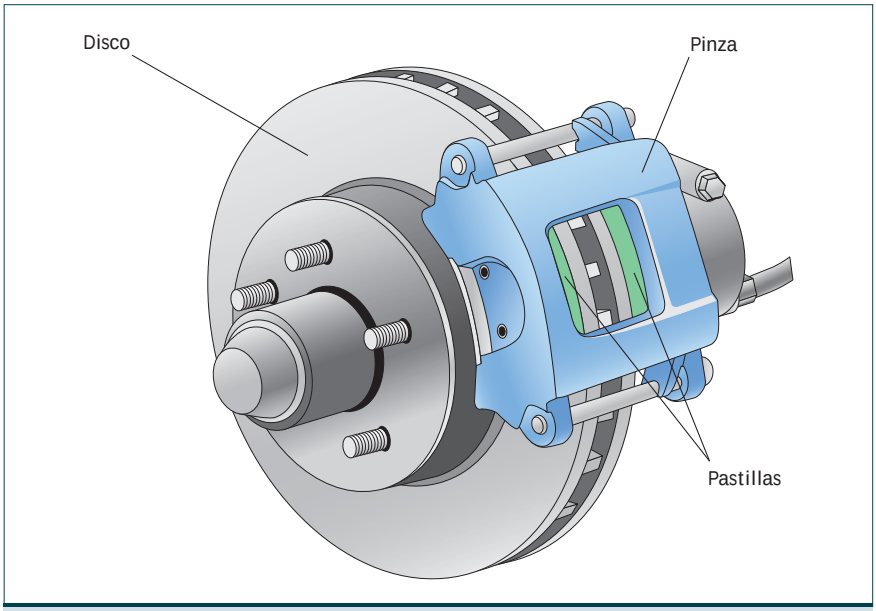
Esta fricción se lleva a cabo gracias a la presión generada por una bomba hidráulica que, debidamente canalizada por las diferentes tuberías, llega hasta los pistones de accionamiento del conjunto, que empujan las pastillas contra el disco.

Frenos sobredimensionados

En los vehículos de cierta potencia se puede observar la sobredimensión de los elementos de fricción y del pistón de accionamiento de los frenos, ya que cuanto más superficie de rozamiento posea un sistema de freno, más eficaz será el mismo.

3.2 > Composición de los frenos de disco

La composición de los frenos de disco es bastante simple. Están formados por el **disco,** las **pastillas** y la **pinza** de freno, dotada de los pistones de accionamiento (figura 11.1).



11.1 Partes del freno de disco.

Discos de freno

Los discos de freno son uno de los elementos de fricción en la acción de frenado de los sistemas de freno de disco. Suelen estar fabricados con acero aleado con cromo, ya que deben soportar elevadas temperaturas sin sufrir deformaciones.

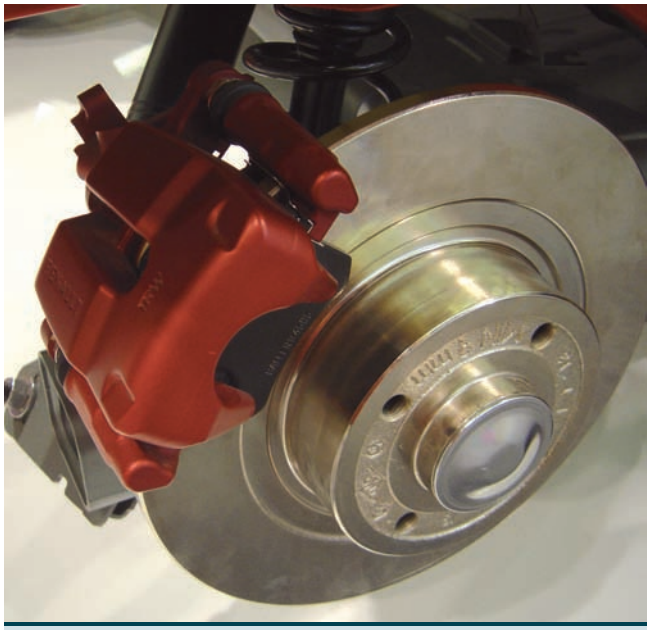
Existen dos tipos básicos de discos de freno:

- Los **discos no ventilados,** que son macizos (figura 11.2).
- Los **discos ventilados,** que tienen orificios en su interior para disipar el calor (figura 11.3).

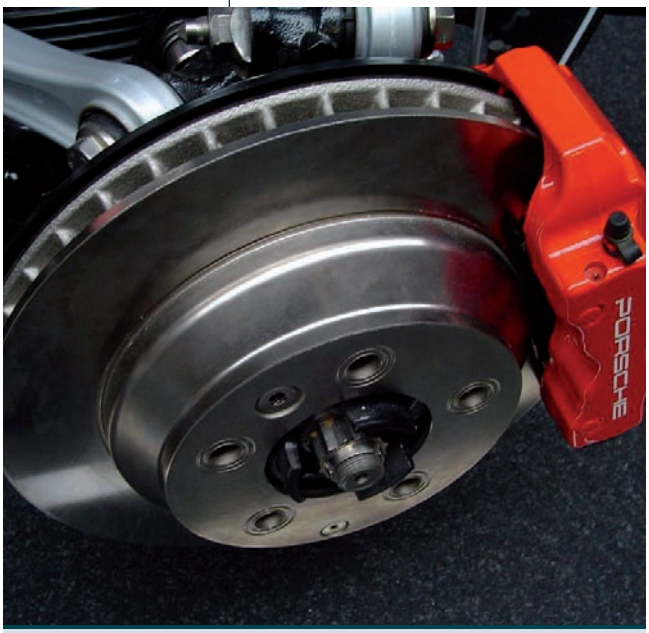
Los discos macizos suelen ir colocados en los ejes traseros y los ventilados en los ejes delanteros.

Actualmente, en el diseño de los vehículos se intenta canalizar un flujo de aire generado en la marcha para mejorar la refrigeración de los discos de freno.

P Práctica 9



11.2 Disco de freno no ventilados.



11.3 Disco de freno ventilados.

Pastillas de freno

Las pastillas de freno son los otros elementos de fricción del sistema de frenos de disco (figura 11.4).

Son unos forros de fricción de una composición muy similar a la de los forros de un disco de embrague. Poseen unas virutas de un componente metálico que tiene como misión proporcionar a la pastilla una mayor rigidez mecánica.

Antiguamente, en la fabricación de las pastillas de freno se utilizaba amianto para proporcionarles mayor rigidez y mejor disipación de la temperatura. Sin embargo, al resultar altamente cancerígeno, este compuesto se ha dejado de utilizar.

11.4 Pastillas de frenos.

Las pastillas de las pinzas flotantes

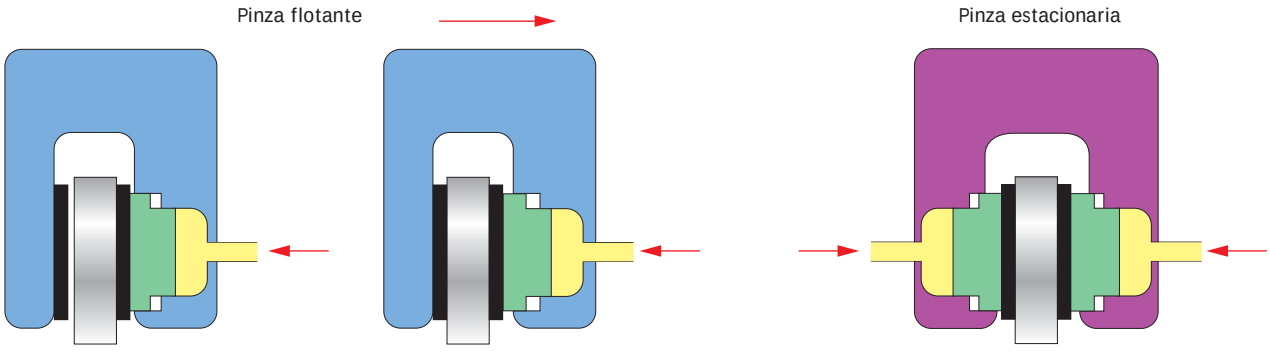
Al realizar la sustitución de las pastillas de este tipo de pinzas se puede observar que la pastilla del lado del pistón siempre está algo más desgastada que la otra pastilla.

Pinzas de freno

Las pinzas son los elementos que accionan los frenos de disco mediante unos pistones que empujan a las pastillas para que friccionen con el disco. Estas pinzas van directamente atornilladas al buje de la rueda.

Existen dos tipos distintos de pinzas de freno (figura 11.5):

- **Pinzas flotantes:** disponen de un único pistón de accionamiento. En el momento en que este pistón recibe presión, su pastilla de freno presiona el disco, y esa fuerza arrastra el conjunto de la pinza de forma que la otra pastilla presione el disco. Este tipo de pinzas suele montarse en vehículos de poco peso como los turismos.
- **Pinzas estacionarias o fijas:** poseen varios pistones de accionamiento en cada lado de la pinza. De esta forma, al realizar la frenada se accionan a la vez las dos pastillas de freno. El número de pistones dependerá del peso y de la potencia del vehículo.



11.5 Funcionamiento de las pinzas de freno.

Técnica

Sustitución de las pastillas de freno

•• Para realizar una correcta sustitución de las pastillas de freno seguimos los siguientes pasos:

1. Quitamos la rueda donde se encuentra el freno en el que queremos hacer la sustitución.
2. Sacamos los pasadores que sujetan las pastillas a las pinzas de freno.
3. Extraemos las pastillas de freno.
4. Retraemos el pistón de freno con dos llaves acodadas, realizando palanca sobre la pinza (figura 11.6).
5. Colocamos las pastillas de freno en su ubicación.
6. Realizamos el montaje del freno en sentido inverso al desmontaje.

11.6 Retracción del pistón de freno.

4 >> Freno de tambor

Los frenos de tambor realizan el frenado gracias a la fricción que se produce entre dos elementos: las zapatas y el tambor. Dicha función se produce con la expansión de las primeras por el accionamiento de un bombín hidráulico.

Las principales ventajas de los frenos de tambor con respecto a los de disco son las siguientes:

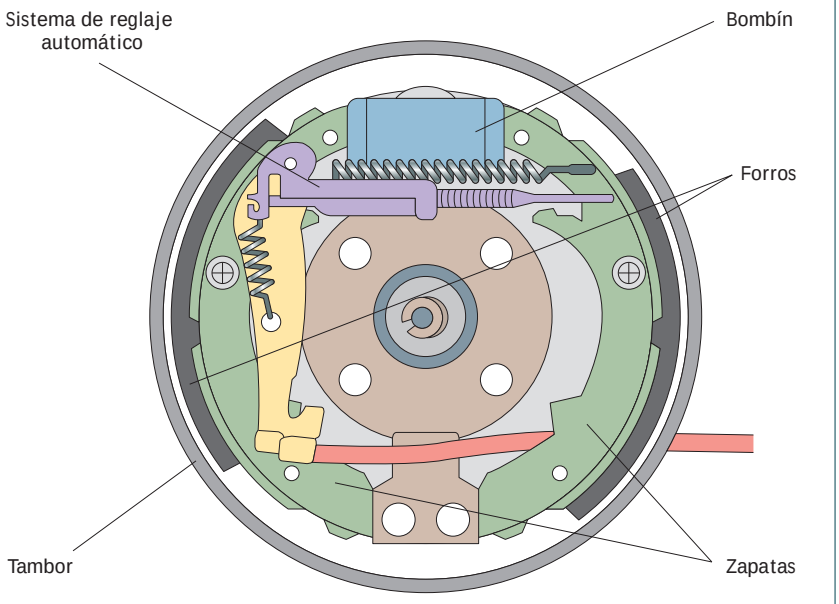
- Mayor superficie de fricción de las zapatas de estos frenos que de las pastillas de los frenos de disco.
- El nivel de ruido es inferior gracias a la menor presión que ejercen las zapatas.
- No es necesario utilizar materiales tan duros como en los frenos de disco.

4.1 > Composición de los frenos de tambor

Los frenos de tambor se componen de los siguientes elementos (figura 11.8):

- **Zapatas de freno:** son los elementos de fricción de estos frenos. Son piezas metálicas en forma de media luna recubiertas de forros prensados en hilos de latón sujetos con remaches (figura 11.7).
- **Tambor:** es el elemento contra el que friccionan las zapatas de freno para detener las ruedas. Está fabricado con acero con alto contenido en carbono, lo que le proporciona dureza y resistencia mecánica.
- **Bombín:** es el elemento que recibe la presión hidráulica de frenado para accionar las zapatas.
- **Sistema de reglaje automático:** en los frenos de tambor se necesita un sistema específico que asegure que, pese al desgaste de las zapatas, estas se encuentran siempre a la distancia correcta del tambor.

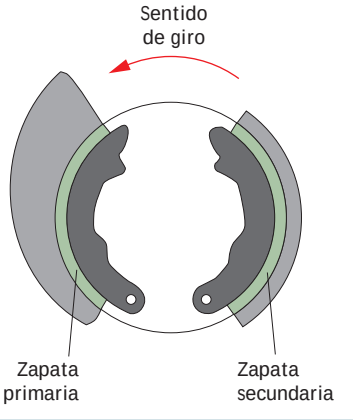
11.7 Zapatas de freno.



11.8 Partes de un freno de tambor.

P Práctica 10

P Práctica 11



11.9 Nivel de acción de cada una de las zapatas durante el frenado.

4.2 > La acción de frenado en los frenos de tambor

La disposición de las zapatas de los frenos de tambor provoca que, durante la acción de frenado, la zapata que se abre contra el giro del tambor se acuñe contra él, mientras que la otra es repelida.

La zapata que se abre contra el giro del tambor se llama **zapata primaria,** mientras que la otra se llama **zapata secundaria.**

La zapata primaria produce un mayor efecto de frenado (figura 11.9), lo que también le genera un mayor desgaste. Por este motivo, estas zapatas suelen presentar un mayor grosor.

El fenómeno *fading*

Este fenómeno se origina en los frenos de tambor debido al aumento de la temperatura por su uso prolongado, y ocasiona pérdidas muy notables de rendimiento. En bajadas prolongadas donde se abusa de estos frenos, puede llegar incluso a inutilizarlos.

4.3 > Bombín de freno

Los bombines de freno son los elementos receptores de la presión hidráulica con la que activan las zapatas de los frenos de tambor (figura 11.10).

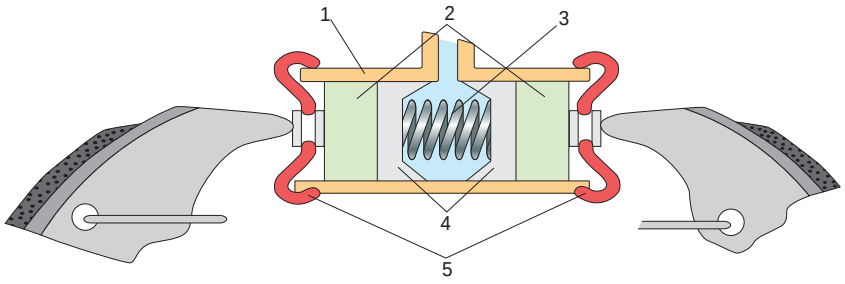
11.10 Bombín de un freno de tambor.

Los bombines de freno están compuestos básicamente por los siguientes elementos (figura 11.11):

- Un **cilindro,** donde llega la presión hidráulica procedente de la bomba de frenos.
- Dos **pistones de accionamiento,** uno para cada zapata.
- Un **muelle,** que es el encargado de mantener en la posición adecuada a los pistones.
- Dos **guarniciones,** que aseguran la estanqueidad del bombín.
- Dos **guardapolvos,** que evitan la entrada de suciedad del exterior (polvo, agua o barro) que pueda dañar al bombín.

Lo más común es montar **bombines de tipo diferencial.** Estos bombines tienen dos pistones de diámetro distinto, el más pequeño para la zapata primaria y el de mayor diámetro para la zapata secundaria. De esta forma se contrarresta el menor empuje contra el tambor que ejerce la zapata secundaria frente a la primaria, equilibrando las fuerzas de frenado.

1. Cilindro
2. Pistones
3. Muelle
4. Guarniciones
5. Guardapolvos



11.11 Composición del bombín de freno.

4.4 > Sistemas de reglaje de los frenos de tambor

Debido al desgaste que sufren las zapatas por la fricción en las acciones de frenado, quedarán cada vez más lejos del tambor, lo que supone que deberán realizar un mayor recorrido, alargando la respuesta de frenado del vehículo. La misión que tienen los sistemas de reglaje es mantener siempre la misma distancia entre las zapatas y el tambor con el mismo tacto del pedal de freno. Dicho reglaje puede realizarse de forma manual o automática.

Reglaje manual

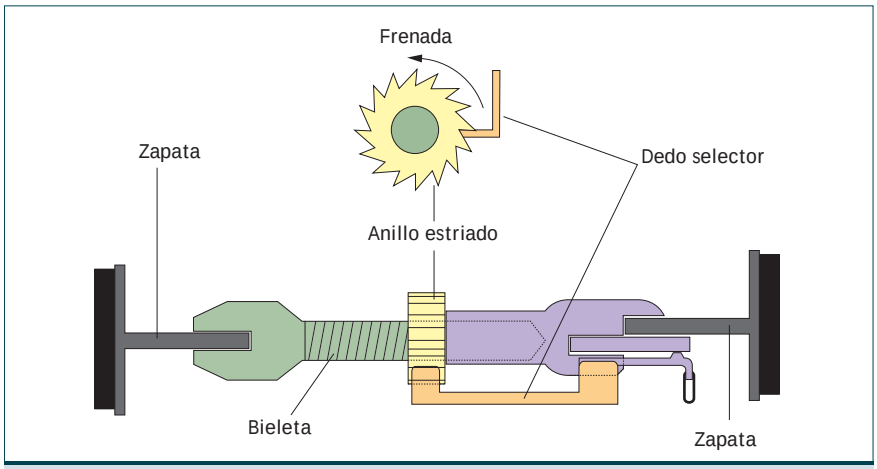
Este reglaje consta, simplemente, de dos levas, una por zapata, que al ser apretadas manualmente aproximarán la zapata correspondiente al tambor.

Este tipo de reglajes está desfasado ya que requiere constantes visitas al taller, algo inviable hoy en día.

Reglaje automático

Existen dos tipos básicos de reglajes automáticos en los frenos de tambor:

- **Reglaje por tornillo sin fin:** compuesto por una bieleta, un anillo estriado y un dedo selector (figura 11.12). Cuando se produce la acción de frenado, el bombín se acciona y separa las zapatas liberando así la bieleta que, con la separación producida por las zapatas y bajo la acción del muelle que se ubica en la misma palanca de accionamiento que el dedo selector, hace que este presione contra el anillo estriado obligándole a girar un diente más. De esta forma se alarga la distancia necesaria para suprimir la holgura excesiva y se ajustan las zapatas al tambor.
- **Reglaje mediante sector dentado:** compuesto por un sector dentado, una bieleta y un rodillo dentado (figura 11.13). Su funcionamiento se basa en que a medida que los forros se desgastan, la distancia que deben recorrer las zapatas es mayor, por lo tanto, el rodillo se separa cada vez más de la bieleta cuando la zapata fricciona con el tambor en la acción de frenado. Esto provoca que las zapatas ya no puedan retornar al reglaje inicial, puesto que han pasado al diente continuo del sector dentado, quedándose de esa forma en un nuevo reglaje adecuado para el desgaste existente.



11.12 Sistema de reglaje por tornillo sin fin.

11.13 Sistema de reglaje por sector dentado.

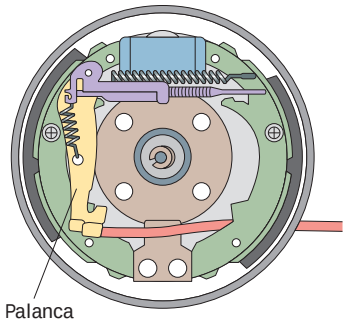
5 >> Freno de estacionamiento

El freno de estacionamiento, también conocido como freno de emergencia, tiene como principal misión bloquear el vehículo en el lugar de parada para mantenerlo inmovilizado. Normalmente actúan sobre las ruedas traseras.

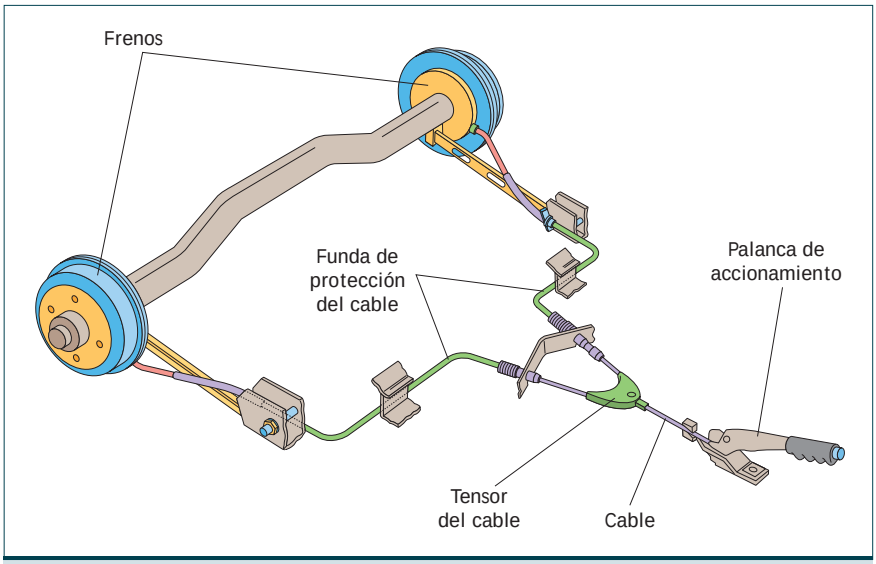
Al ser un freno de accionamiento manual e independiente, en situaciones de emergencia en que fallen totalmente los frenos del vehículo, puede utilizarse para detenerlo.

El sistema del freno de estacionamiento está compuesto por los siguientes elementos (figura 11.15):

- Palanca de accionamiento (figura 11.14)
- Tensor del cable acerado
- Cable acerado
- Funda de protección del cable
- Horquilla
- Palanca y conjunto de muelles del mecanismo manual de los frenos de tambor presentes en el interior del tambor de frenado (figura 11.14).

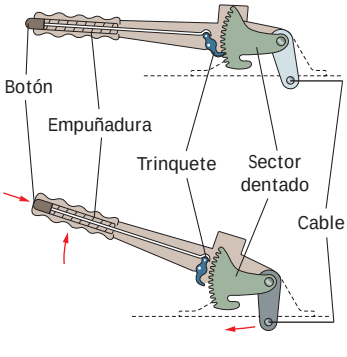


11.14 Palanca de accionamiento del freno de estacionamiento en un freno de tambor.



11.15 Partes del freno de estacionamiento.

P Práctica 12



11.16 Accionamiento de la palanca del freno de estacionamiento.

5.1 > Accionamiento del freno de estacionamiento

Cuando el conductor quiere inmovilizar el vehículo, aprieta el botón de la empuñadura de la palanca de accionamiento y la levanta, con lo que arrastra con ella el cable acerado, activando la palanca de freno y produciendo así la expansión de las zapatas contra el tambor a través del conjunto de palanca y muelles de accionamiento (figura 11.16).

La palanca de accionamiento se mantiene en la posición deseada por el conductor gracias a que dispone de un sector dentado y un trinquete de fijación de la misma. Para quitar la palanca de la posición fijada anteriormente se vuelve a apretar el botón de accionamiento.

5.2 > Disposición del freno de estacionamiento sobre los frenos de disco

Los frenos de estacionamiento montados sobre los frenos de disco pueden actuar de dos maneras distintas: sobre la propia pinza de freno o como frenos de tambor.

Accionamiento sobre la pinza de freno

La puesta en marcha de este tipo de frenos de estacionamiento es puramente mecánica, siendo su mando de accionamiento el cable de acero unido a la palanca. Esta palanca de accionamiento dispone de un resalte que encaja sobre una chaveta o pieza metálica que va unida al pistón de accionamiento del freno.

Al desplazar la chaveta por la acción de la palanca, se producirá un pequeño movimiento del pistón que presionará las pastillas de freno contra el disco de frenado, lo que bloqueará la rueda para que el vehículo se mantenga inmóvil.

Accionamiento mediante un sistema de tambor

En los frenos de estacionamiento montados sobre frenos de disco se puede encontrar un pequeño sistema de freno de tambor, que utiliza como tambor la parte interna del disco de freno (figura 11.17), y cuyos puntos de fricción son unas zapatas de dimensiones reducidas. El accionamiento de este tipo de frenos de estacionamiento es mecánico y se lleva a cabo mediante la acción del cable acerado como sistema de mando.

Puntos de tensado

Denominamos puntos de tensado del freno de estacionamiento a los dientes de sierra que el trinquete de la palanca sobrepasa en su accionamiento hasta que ofrece cierta resistencia.

11.17 Disco de freno con tambor incorporado para el freno de estacionamiento.

Técnica

Regulación del freno de estacionamiento

•• La regulación de los puntos de tensado del freno de estacionamiento es muy importante. El punto de anclaje debe estar entre los 4 y los 7 puntos, ya que por debajo de 4 los frenos quedarían muy tensados y por encima de 7 muy destensados.

Esta regulación se realiza mediante una tuerca y su contratuerca que se encuentran cercanas a la palanca de accionamiento (figura 11.18).

Una vez regulado el freno de estacionamiento, hay que comprobar que las ruedas queden completamente libres cuando este no está accionado, y que se bloquean completamente entre los puntos de tensado 4 y 7.

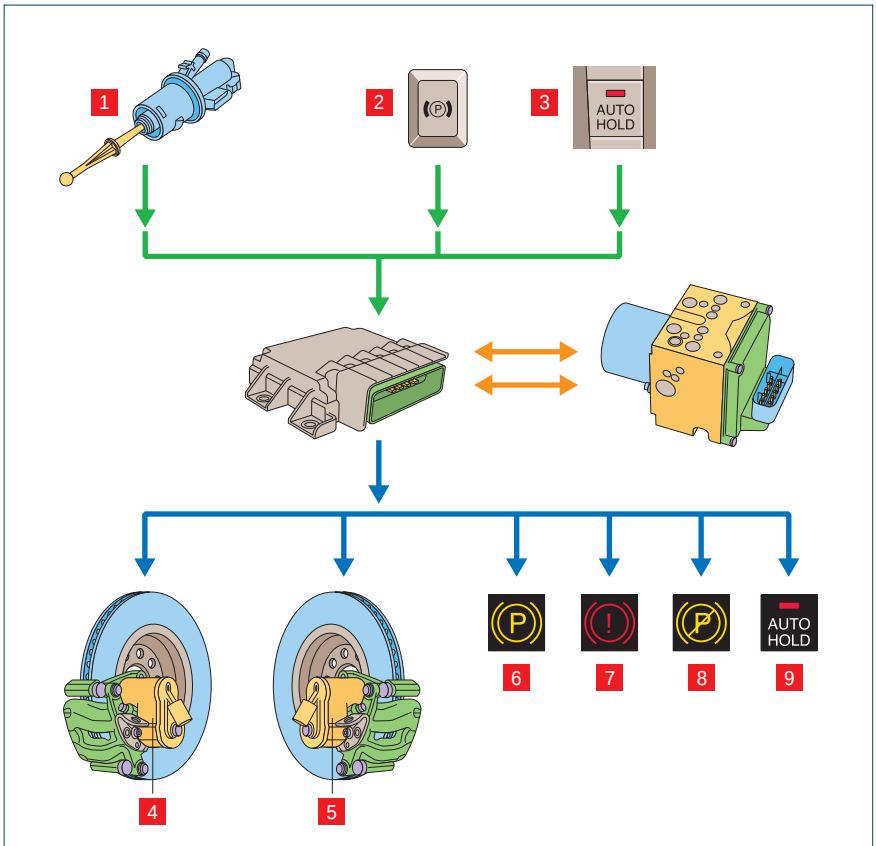
11.18 Ajuste de la tuerca y la contratuerca del sistema de freno de estacionamiento.

5.3 > Freno de estacionamiento eléctrico mediante polea reductora

Existen otro tipo de adaptaciones en los frenos de estacionamiento que utilizan poleas reductoras empleadas por fabricantes como Ford o el grupo Volkswagen en vehículos dotados de frenos antibloqueo (ABS).

La composición de estos sistemas se puede dividir en sensores y actuadores, como se muestra en la figura 11.19:

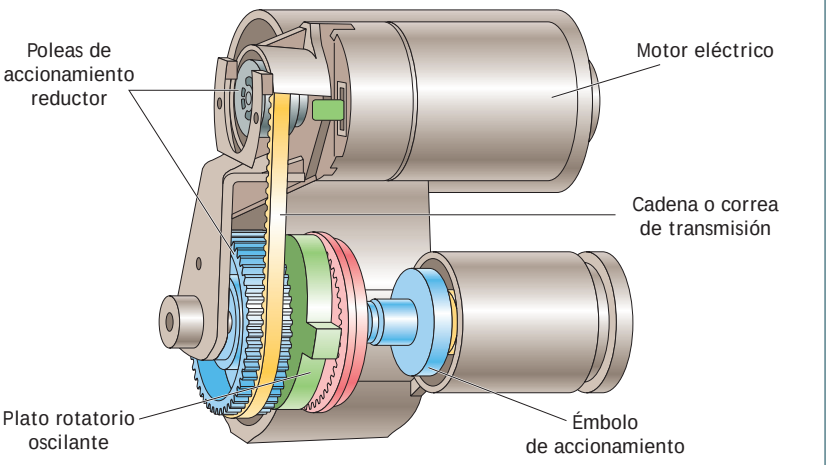
- En la línea verde se indican los sensores, donde 1 es el sensor de posición del embrague y 2 es el interruptor de accionamiento de los frenos de estacionamiento eléctrico.
- En la línea azul se representan los actuadores, donde 4 y 5 son los motores «paso a paso» de accionamiento eléctrico, 6 es el testigo luminoso de color amarillo de los frenos de estacionamiento eléctrico, 7 el testigo luminoso en color rojo de los frenos del vehículo y el 8, en color amarillo, el testigo de avería de los frenos eléctricos.
- Existen adaptaciones como el Autohold (interruptor 3 y testigo 9), que se utiliza en ayudas de frenadas en pendientes. Son de tipo desconectable por el propio conductor.
- En el medio se representa la unidad de control electrónica de los frenos de estacionamiento eléctrico, que se comunica con la unidad de control de los frenos antibloqueo.



11.19 Esquema del sistema de frenos de estacionamiento eléctrico por poleas reductoras.

Composición de los frenos de estacionamiento por poleas reductoras

Los frenos de estacionamiento de accionamiento eléctrico están compuestos por un émbolo de accionamiento, un motor eléctrico, una cadena o correa de transmisión, dos poleas dentadas de accionamiento reductor y un plato rotatorio oscilante (figura 11.20).



11.20 Partes del sistema de freno de accionamiento por poleas reductoras.

Funcionamiento del sistema

Cuando al motor eléctrico de accionamiento le llega una tensión procedente de la unidad de control, envía una señal al primer piñón del conjunto reductor, que gira arrastrando la cadena de transmisión y mueve al segundo piñón del conjunto reductor. Este piñón reductor mueve un plato oscilante que posee dos salientes que sirven para su guiado y anclaje y el plato oscilante, a su vez, actúa sobre otro piñón solidario al émbolo de accionamiento transmitiéndole un movimiento rotatorio que realiza el frenado.

La misión de este piñón oscilante es la de crear un segundo conjunto reductor que aumente la fuerza de accionamiento de los elementos de fricción contra los discos de frenos, asegurándose, de esa forma, el perfecto frenado de estacionamiento del vehículo.

La desconexión de la corriente eléctrica se realiza gracias a que la unidad de control electrónica mide en todo momento la intensidad de corriente que consume el motor eléctrico. Esta intensidad aumenta al crecer la resistencia al accionamiento del motor eléctrico y, cuando sobrepasa una determinada cifra, la propia unidad electrónica desactiva la alimentación de los motores eléctricos.

Para desactivar el freno de estacionamiento, la unidad de control cambiará la polaridad de alimentación al motor eléctrico, haciendo que este gire en sentido contrario e invierta el movimiento anterior.

El funcionamiento del sistema de frenos hidráulicos y el de los frenos de estacionamiento de tipo eléctrico es totalmente independiente, con lo cual, los primeros no se ven afectados por los segundos.

6 >> Sistema hidráulico de freno

6.1 > Líquido de frenos

El líquido de frenos es el elemento que transmite la presión necesaria para iniciar la acción de frenado.

Actualmente los líquidos de frenos están compuestos de aceites minerales o líquidos sintéticos a base de un alcohol llamado poliglicol, al que se añaden distintos aditivos para contrarrestar la degradación que sufre por los aumentos de temperatura provocados por los propios frenos, y para disminuir los componentes corrosivos que se crean en ellos.

Los líquidos de frenos deben cumplir en su funcionamiento las siguientes condiciones:

- **Poseer una temperatura de ebullición en torno a los 250 °C.** Si el líquido no es sustituido periódicamente, esa temperatura bajará poco a poco hasta convertirse en inservible, disminuyendo progresivamente la eficacia de los frenos.
- **No absorber con facilidad la humedad.** Si el líquido de frenos contiene entre un 3 y un 4% de agua, la temperatura de ebullición bajará hasta los 100 °C, con lo que perdería muchas características de uso.
- **Tener propiedades anticorrosivas** que no afecten a componentes como los cauchos o las guarniciones, con los que los líquidos de frenos están constantemente en contacto.
- **Presentar una gran estabilidad química** a elevadas presiones y temperaturas de uso.
- **Responder a las normas europeas SAE** de constructores de vehículos.

El líquido de frenos, según los programas de mantenimiento de los fabricantes de vehículos, deben sustituirse aproximadamente entre los 30 000 y 60 000 kilómetros de uso, o pasados 2 años desde el último reemplazo del mismo (figura 11.21).

11.21 Operario añadiendo líquido de frenos al sistema.

6.2 > Canalizaciones del sistema de freno

Podemos definir las canalizaciones en un circuito de frenos como el sistema encargado de trasladar el líquido de frenos desde la bomba a los elementos receptores de frenado, es decir, a las pinzas de freno y los bombines.

Las canalizaciones del sistema de freno están generalmente fabricadas de cobre, latón o acero con bajo porcentaje de carbono, y permanecen sujetas al chasis del vehículo mediante bridas metálicas o plásticas (figura 11.22).

En las ruedas directrices, las canalizaciones no pueden ser rígidas, ya que estas tuberías deben permitir el giro de las mismas, por lo que se utilizan manguitos fabricados de caucho protegidos con un revestimiento metálico o textil de gran flexibilidad.

Todas las canalizaciones de un circuito de frenado deberán resistir presiones de entre 150 y 200 bares, pero por seguridad se fabrican con capacidad para resistir los 300 bares de presión.

11.22 Tramo de tubería rígida.

6.3 > Racores en el sistema de freno

Un racor es un elemento metálico de unión entre tubos, ya sean rígidos o flexibles.

Los racores son tornillos roscados que presionan en su parte final al ensanche que se dispone en la tubería de frenado, llamada valona, la cual encaja perfectamente sobre el elemento receptor que dispondrá de la misma forma geométrica que la valona de la canalización (figura 11.25). Esta unión debe asegurar la estanqueidad del conjunto.

En la manipulación de los racores (figura 11.24) debemos utilizar siempre las llaves de racor (figura 11.23); nunca deben utilizarse llaves fijas o llaves inglesas. Además, debemos tener la precaución de asegurar el correcto roscado del racor, con la mano sobre el elemento receptor, y de evitar el trasroscado.

11.23 Llaves de racor.

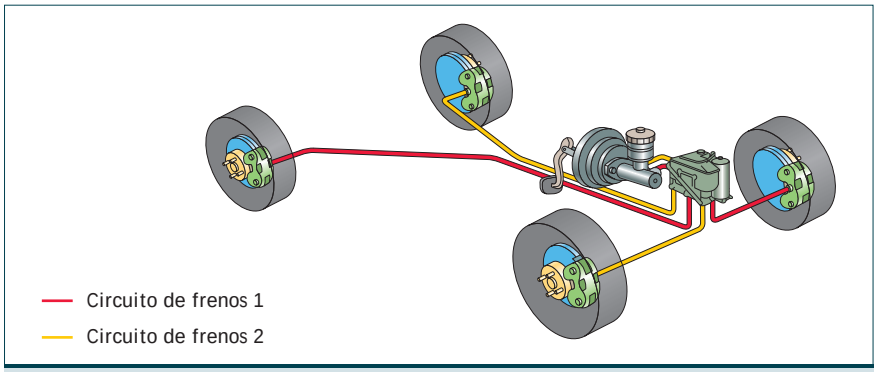
11.24 Afloje de un racor con la llave de racores.

11.25 Diversos tipos de racores.

6.4 > Circuitos independientes de frenado

Todos los vehículos que se fabrican en la actualidad poseen circuitos de frenado totalmente independientes con su propia bomba. De no ser así, en caso de fugas de líquido en cualquier punto del circuito se quedarían inutilizados todos los frenos, con el gran riesgo que eso supondría.

La mayoría de los circuitos hidráulicos de frenos están diseñados en «X», es decir, la rueda delantera izquierda está integrada con la rueda trasera derecha en un circuito, y la rueda trasera izquierda y la rueda delantera derecha en otro (figura 11.25). De esta forma se consigue siempre la misma eficacia en caso de avería, independientemente del sistema que se afecte.



11.26 Sistema de frenos en forma de «X».

P Práctica 13

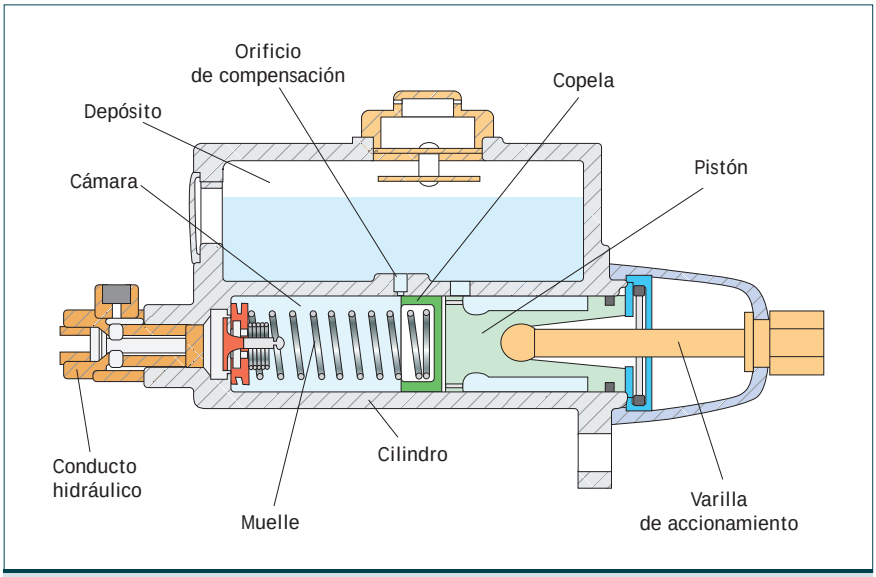
11.27 Bomba de freno.

7 >> Bomba de freno

La bomba de freno tiene como misión crear la presión hidráulica correcta para enviar el líquido de frenos hacia los distintos elementos del sistema (figura 11.27).

La bomba de freno se compone de los siguientes elementos (figura 11.28):

- Un **depósito** de líquido de frenos.
- Un **cilindro** practicado en el propio cuerpo de la bomba.
- Un **pistón** o **émbolo** que se encuentra en el interior del cilindro y es accionado directamente por el pedal del freno a través de la **varilla de accionamiento.** El pistón lleva una **copela** que asegura la estanqueidad en el cuerpo del cilindro para evitar las pérdidas de presión.
- Una **cámara** donde el pistón comprime el líquido de frenos para crear la presión.
- El **orificio de compensación,** que comunica la cámara con el depósito.
- Distintos **conductos** dirigidos hacia las distintas ruedas.
- Un **muelle** tarado a una presión determinada que apoya directamente sobre el pistón.



11.28 Partes de la bomba de freno.

7.1 > Funcionamiento de la bomba de freno

En el funcionamiento de la bomba de freno hay que diferenciar dos estados diferentes:

- **Estado de reposo,** cuando el conductor no pisa el pedal de freno.
- **Funcionamiento,** cuando el conductor pisa el pedal de freno.

Estado de reposo

En estado de reposo el líquido de la cámara se encuentra a presión atmosférica, ya que el pistón no lo está comprimiendo debido a que el conductor no está pisando el pedal de freno.

Funcionamiento

Cuando el conductor pisa el pedal de freno, la varilla de accionamiento empuja al pistón, que se desplaza por el cilindro.

Cuando la copela tape o sobrepase el orificio de compensación, será cuando se eleve bruscamente la presión abriendo la válvula que comunica la bomba con las canalizaciones que derivan en los mecanismos hidráulicos de frenado.

En ese momento, la presión que se ha generado se traslada a través de las canalizaciones hasta los receptores de frenado (pistones o bombines), accionándolos y poniendo en contacto los elementos de fricción, que dan comienzo así a la frenada.

Podemos resumir el funcionamiento de la bomba de freno en dos fases:

- **Primera fase:** en la que comienza la carrera del pistón, llamada «carrera muerta», en que el orificio de compensación se encuentra abierto y el aumento de presión es insuficiente para abrir la válvula de control que se encuentra en la salida hacia las canalizaciones.
- **Segunda fase:** llamada fase de frenado activo, cuando el orificio de compensación se encuentra obturado y se inicia el aumento de la presión en el circuito hidráulico.

Cese de la frenada

Cuando el conductor suelta el pedal de freno, la acción de retroceso del pistón de la bomba crea un vacío que reduce la presión generada en la acción de frenado y el líquido retorna a la bomba. Así, los elementos de fricción y sus mandos de accionamiento vuelven a su posición inicial.

11.29 Bomba de freno de doble cuerpo tipo tándem.

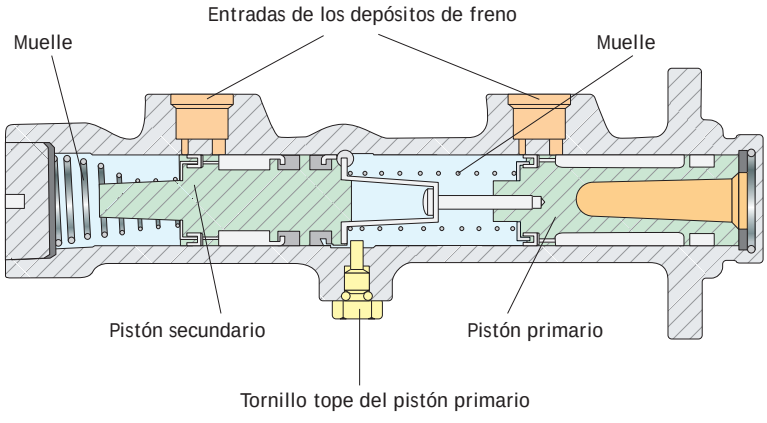
7.2 > Bomba de freno de doble cuerpo tipo tándem

Las bombas de doble cuerpo se caracterizan por poseer dos pistones y dos cámaras para poder generar dos presiones independientes (figura 11.29).

Funcionamiento de la bomba de doble cuerpo o tándem

El pistón primario es accionado directamente por el mando de accionamiento que lo une al pedal de freno, mientras el pistón secundario se acciona mediante el muelle existente entre él y el pistón primario, y por el aumento de la presión en la primera cámara. De esta forma se suman las fuerzas del muelle y de la presión creada entre ambos pistones, las cuales se generan en un mismo sentido.

Por lo demás, estas bombas actúan independientemente con distintos conductos de cebado de líquido desde el depósito (figura 11.30).



11.30 Estructura de la bomba de freno de doble cuerpo.

8 >> Frenos en las motocicletas

Igual que en el resto de los vehículos, en las motocicletas se utilizan elementos de fricción para realizar las frenadas.

Las motocicletas, al sostenerse únicamente sobre dos ruedas, necesitan sistemas de frenos que proporcionen gran estabilidad de frenada.

Los tipos de frenos utilizados en las motocicletas son los sistema de freno de tambor y los sistema de freno de disco.

8.1 > Frenos de tambor en las motocicletas

Los frenos de tambor utilizados en las motocicletas son esencialmente iguales que los que se montan en el resto de los vehículos.

A diferencia de los turismos, donde los frenos de tambor se instalan únicamente en los ejes traseros, existe gran variedad de motocicletas de baja potencia donde se instalan estos frenos en la rueda delantera.

8.2 > Frenos de disco en las motocicletas

Los discos de freno utilizados en las motocicletas suelen ser ranurados, además de poseer orificios en toda su periferia para asegurar la correcta refrigeración de los mismos, haciendo que sean más compactos y reduciendo considerablemente su peso.

También es usual observar en motocicletas de alta potencia un doble disco de freno en el eje delantero para aumentar la capacidad de frenada.

Incluso, en algunas motocicletas de muy alta gama se pueden llegar a montar sistemas de frenos antibloqueo, que hacen mucho más estables y eficaces las frenadas de emergencia (figura 11.31).

11.31 Motocicleta con doble disco de freno delantero y sistema ABS.

8.3 > Accionamiento de los frenos en las motocicletas

Además de frenos de accionamiento hidráulico, en algunas motocicletas también se utilizan frenos de accionamiento mecánico.

Frenos de accionamiento hidráulico

Los frenos de motocicleta de accionamiento hidráulico funcionan de una manera similar a los del resto de vehículos. La principal diferencia que existe es que los frenos de motocicleta carecen de servofrenos y de compensadores de frenada.

Lo que sí se instala a menudo en las motocicletas son bombas de presión, que suelen ir integradas en el conjunto de la maneta de freno, habitualmente de forma independiente en los frenos delanteros y en los traseros (figura 11.32).

11.32 Maneta de freno con bomba de presión integrada.

Frenos de accionamiento mecánico

Este tipo de accionamiento se utiliza principalmente en los frenos de tambor (figura 11.33), pero también existen frenos de disco que emplean este sistema. En este último caso, el accionamiento de los elementos de freno se realiza mediante un cable de acero, debidamente tensado y activado por una maneta o un pedal.

Aquí, las pinzas de freno son totalmente diferentes a las pinzas de freno hidráulicas. Constan de un pistón, al que va unida la palanca de accionamiento, y de un muelle antagonista para la recuperación de la carrera del pistón.

11.33 Freno de motocicleta accionado por cable.

8.4 > Mantenimiento de los frenos hidráulicos de las motocicletas

De igual forma que en el resto de los vehículos, el mantenimiento del circuito hidráulico de frenos es de suma importancia para su buen funcionamiento. Para ello es necesario:

- Sustituir habitualmente el líquido de frenos según el plan de mantenimiento del fabricante.
- Observar las pérdidas de líquido de frenos por el circuito hidráulico.
- De acuerdo al comportamiento del accionamiento de la maneta de freno, realizar un purgado de freno si existiera aire en el interior del circuito o un mal funcionamiento de la bomba de freno.
- Revisar el estado de las pastillas y el disco de fricción, observando que este último no presente surcos o grietas en la superficie.

>> Actividades propuestas

2·· ¿Qué pautas se han de seguir para el buen mantenimiento de los frenos hidráulicos de una motocicleta?

3·· ¿Cuáles son las principales diferencias entre los frenos de disco de las motocicletas y los del resto de los vehículos?

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· Define los siguientes términos:

a) Distancia de frenado b) Distancia de reacción c) Condiciones de frenado

2·· Para calcular la distancia de frenado del vehículo, ¿qué parámetros son necesarios?

3·· ¿Qué es la fuerza de adherencia en un sistema de frenado de un vehículo? ¿Y la fuerza de ejecución?

4·· ¿Cuáles son las principales ventajas de los frenos de disco con respecto a los frenos de tambor?

5·· Existen dos tipos de discos de freno en el vehículo. ¿Qué ventajas tiene uno respecto al otro?

6·· ¿De qué se compone un conjunto de frenos de disco completo?

7·· Explica el funcionamiento de las pinzas flotantes en un sistema de frenos de disco.

8·· ¿De qué elementos están compuestos los frenos de tambor?

9·· ¿Cuál es la zapata primaria en unos frenos de tambor?

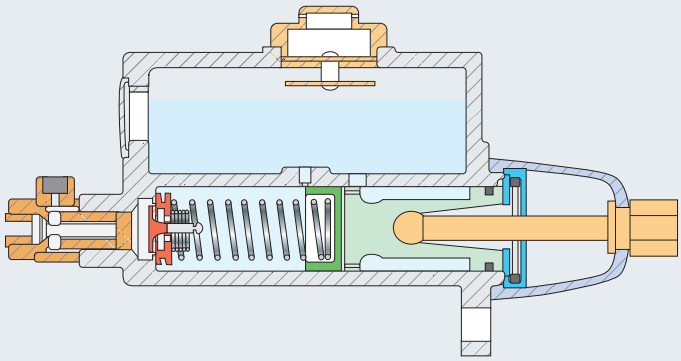
10·· ¿De qué suelen estar fabricadas las canalizaciones del sistema de frenado? ¿Cuántos bares de presión deben soportar aproximadamente?

11·· ¿Qué es el fenómeno *fading*? ¿Qué efectos tiene este sobre el sistema de frenado de un vehículo?

12·· ¿Por qué se utilizan cada vez más los sistemas de regulación automática de los frenos de tambor?

13·· Indica las características que deben cumplir los líquidos de freno.

14·· Indica las partes de la bomba de freno:



.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica sobre el vehículo los siguientes componentes:

a) Bomba de freno

b) Canalizaciones hidráulicas

c) Racores

d) Tornillo de regulación del freno de estacionamiento

e) Latiguillos de freno

f) Sistema de mando de accionamiento

2·· Un vehículo que circula a 108 km/h y pesa 1 200 kg se encuentra con un obstáculo que obliga a su conductor a pararlo completamente. Para ello, dicho conductor ejerce una presión sobre el pedal de freno que produce una fuerza de frenada de 700 N. ¿Cuál será la distancia?, ¿y el tiempo de frenado?

✱ Caso final

Sustitución del líquido de frenos de un circuito hidráulico

•• La sustitución del líquido de frenos debe realizarse de forma periódica, aproximadamente entre los 30 000 y 60 000 kilómetros o por periodos temporales de dos o tres años, ya que, en caso contrario, los frenos perderán eficacia de frenada y el líquido tendrá una mayor acidez atacando a retenes, juntas, etc.

Llega a nuestro taller para pasar una revisión un coche que, entre otras cosas, lleva cuatro años sin que se le cambie el líquido de freno, por lo que es necesario proceder a dicho cambio. ¿Cómo lo llevarías a cabo?

Solución ••

Para realizar una correcta sustitución del líquido de frenos debemos seguir los siguientes pasos:

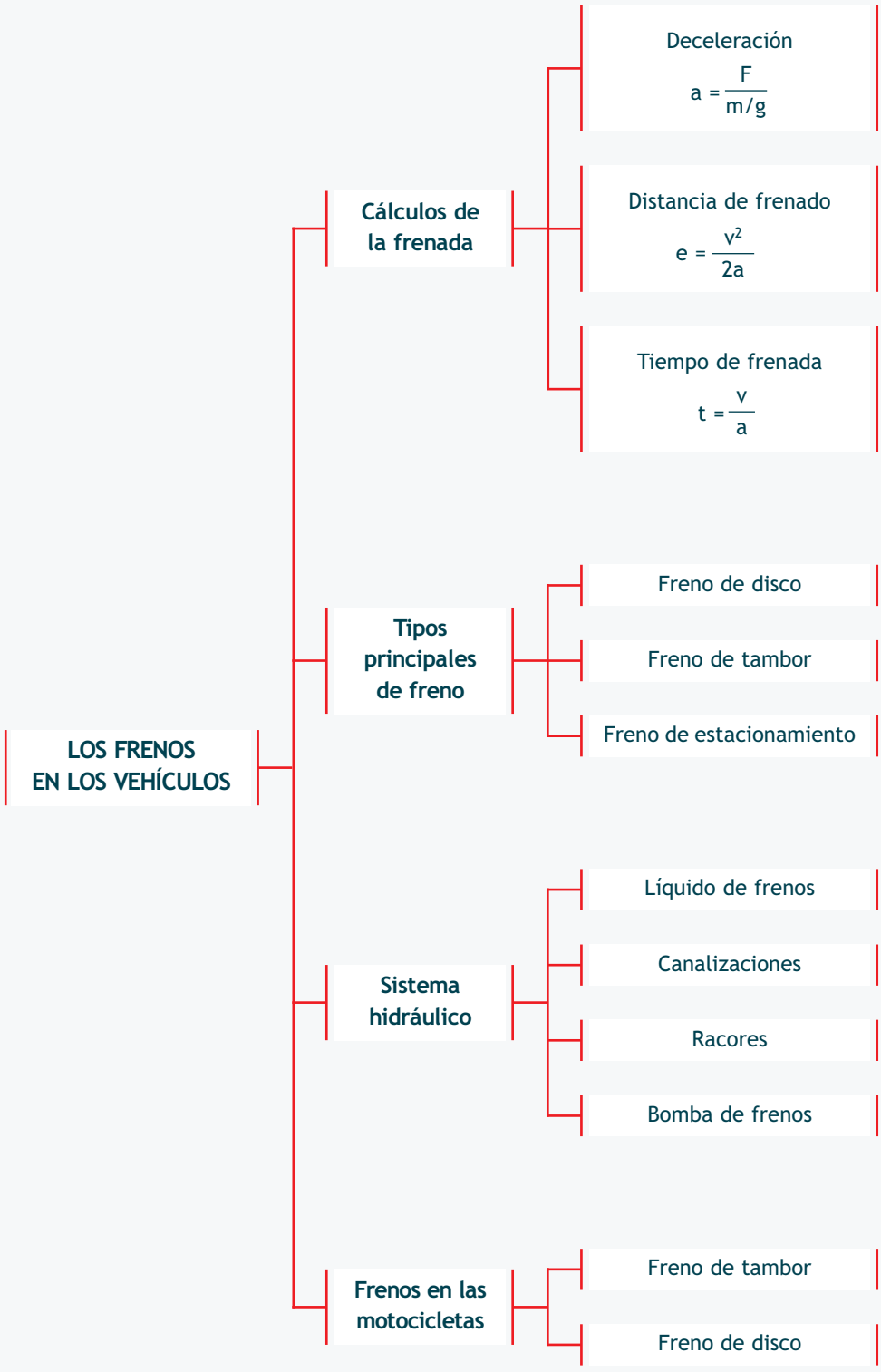
1. Subimos el vehículo a un elevador.
2. Con una bomba de succión eliminamos el líquido del interior del depósito del líquido de frenos.
3. Rellenamos hasta arriba el depósito de líquido de frenos nuevo (figura 11.34). En este proceso debemos tener cuidado de no derramar líquido sobre la carrocería del vehículo, ya que es altamente corrosivo y atacaría a la pintura.
4. Localizamos los purgadores de los cuatro frenos, donde colocamos un capuchón de caucho unido a una tubería transparente para observar el color del líquido de frenos y las burbujas de aire que pueden salir del interior.
5. Para continuar el proceso necesitaremos la ayuda de un compañero, que deberá subirse al vehículo para iniciar las acciones de «manchar» o apretar y soltar el pedal de freno, para realizar la acción de bombeo, y «sostener» o mantener el pedal pisado a fondo mientras se cierra el purgador.
6. El proceso de purgado y sustitución del líquido será el siguiente:
   - Abriremos el purgador de un freno con una llave de racor (figura 11.35). En ese momento diremos a nuestro compañero que «manche» y empezará a salir el líquido de freno que nosotros observaremos por la tubería transparente.
   - En cuando observemos que sale el líquido nuevo indicamos a nuestro compañero que «sostenga» y cerraremos el purgador abierto.

11.34 Llenado de líquido de frenos.

11.35 Apertura del purgador del freno.

Es muy importante observar el nivel de líquido de frenos cada vez que realicemos el purgado ya que, de quedarse sin líquido, entraría aire en el circuito hidráulico lo que lo inutilizaría.

Ideas clave


LOS FRENOS EN LOS VEHÍCULOS
Cálculos de la frenada
Deceleración
a = F / m/g
Distancia de frenado
e = v² / 2a
Tiempo de frenada
t = v / a
Tipos principales de freno
Freno de disco
Freno de tambor
Freno de estacionamiento
Sistema hidráulico
Líquido de frenos
Canalizaciones
Racores
Bomba de frenos
Frenos en las motocicletas
Freno de tambor
Freno de disco

Líquido de frenos de baja viscosidad de ATE SL.6

El líquido de frenos es el componente más importante en nuestros sistemas de frenado, ya que transmite la fuerza aplicada al pedal a los frenos en las ruedas.

Desde la introducción de los sistemas electrónicos de frenado como ABS y ESP, el líquido de frenos juega un papel mucho más importante en la seguridad vial. Los grupos hidráulicos de estos sistemas tienen un gran número de orificios y canales de dimensiones mínimas, algunos incluso inferiores al grosor de un cabello humano. La selección errónea del líquido de frenos puede tener consecuencias fatales para el funcionamiento de estos sistemas de frenado modernos, ya que el líquido de frenos debe frenar en fracciones de segundo ruedas individuales para estabilizar el automóvil en situaciones críticas.

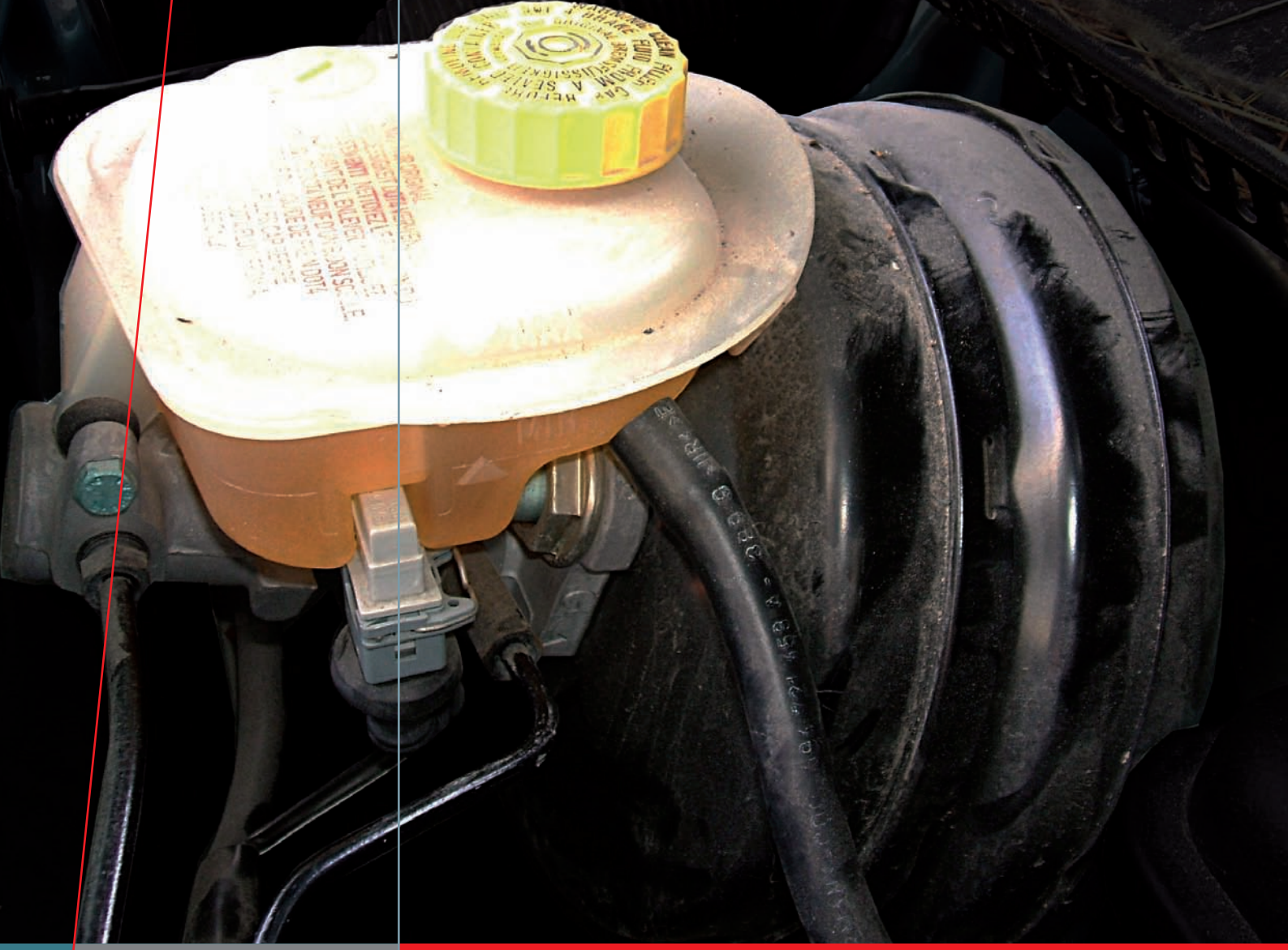
Por los motivos descritos se han desarrollado líquidos de frenos especialmente poco viscosos, como es el caso del ATE SL.6 original, puesto que con líquidos de freno tradicionales, el tiempo de reacción del sistema podría fallar en situaciones críticas. En la práctica esto puede significar que el sistema ya no sea capaz de estabilizar el automóvil.

Ventajas del líquido ATE SL.6 original

- Baja viscosidad (muy fluido)
- Posibilita una reacción muy rápida del ESP
- Líquido de frenos óptimo para sistemas electrónicos de frenado como el ESP, el ABS, el ASR, etc.
- Incremento de la seguridad vial gracias a la reacción más rápida del ESP

La mayoría de los constructores de automóviles ya utilizan de serie (OEM y OES) los líquidos de frenos de baja viscosidad DOT 4, clase 6 (conforme a la norma ISO 4925).

Fuente: www.recambioslito.com



unidad 12

Sistemas auxiliares del freno. Averías

SUMARIO

- Correctores de frenado
- Sistemas de ayuda a la frenada
- Principales averías en los sistemas de frenado
- Freno de motocicletas

OBJETIVOS

- Conocer los diferentes tipos de correctores de frenado.
- Entender el funcionamiento y la importancia de los sistemas de ayuda a la frenada, tanto de los servofrenos como de la ayuda a las frenadas de emergencia.
- Detectar las principales averías en los sistemas de frenado.

1 >> Los correctores de frenado

Los correctores de los sistemas de frenado del vehículo se ocupan de adaptar su funcionamiento a las diferentes circunstancias de la frenada.

1.1 > El peso sobre los ejes

En el diseño del circuito hidráulico de los frenos es decisivo el peso que soporte cada eje del vehículo en cada momento. Este peso depende de los siguientes parámetros:

- **El eje sobre el que va montado el motor de combustión,** habitualmente el delantero, que será más pesado que el otro.
- **La carga máxima admisible en el vehículo,** ya que al cargarlo se modifican los diferentes pesos sobre los ejes. Como no siempre se carga completamente se necesita un dispositivo que lo regule.
- **Las aceleraciones y deceleraciones** que realice el vehículo también modifican el peso que soportan los ejes debido a la inercia: en una aceleración aumentará la carga del eje trasero, mientras que en una deceleración se incrementará la del eje delantero.

La suma de los pesos soportados por los ejes de un vehículo será la suma total del peso del automóvil. Generalmente el eje donde se encuentra instalado el motor suele soportar entre un 60 y un 70% del peso, mientras que sobre el otro eje recae el peso restante, es decir, entre el 30 y el 40%.

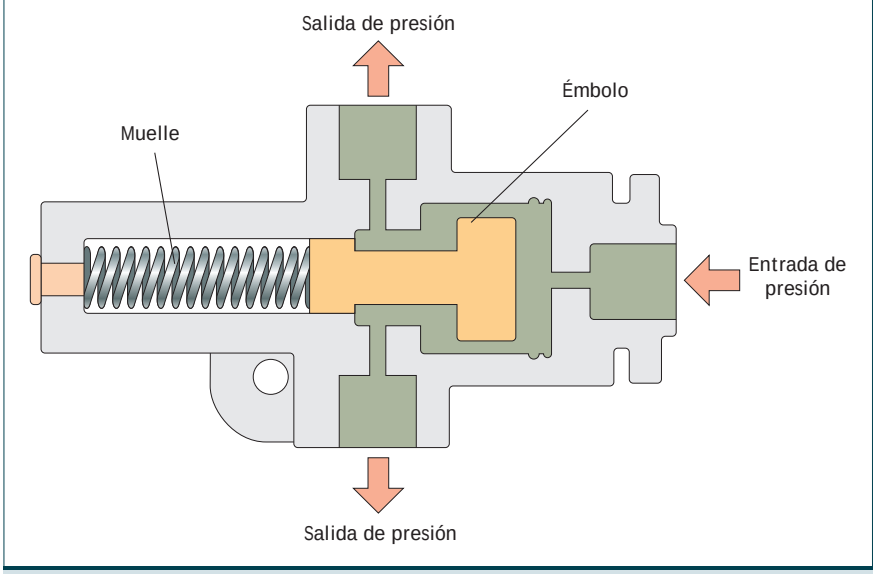
En el resto de la unidad consideraremos que el eje que soporta el peso del motor es el delantero ya que esto es lo más común, aunque no siempre sea así.

Los dispositivos encargados de evitar el bloqueo de las ruedas del eje trasero se denominan **compensadores de frenada.**

1.2 > Compensador fijo

Los compensadores de frenada fijos limitan la presión hidráulica de salida hacia el eje que menos peso soporta. Cuando la presión enviada por la bomba de freno supera la presión límite marcada por el fabricante, el paso hidráulico se cierra gradualmente hacia el eje trasero.

Su funcionamiento es bastante simple: la presión hidráulica procedente de la bomba de freno entra al compensador y vence la resistencia del muelle tarado, que arrastra consigo al émbolo cerrándolo de forma gradual. Con él también se cierran las salidas de presión que se dirigen hacia las ruedas traseras (figura 12.1).



12.1 Composición de un compensador fijo.

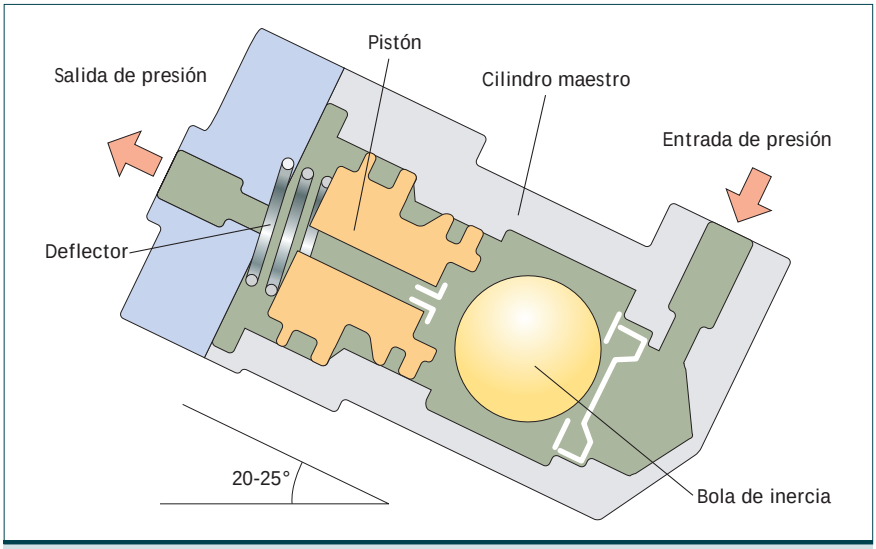
1.3 > Compensador integrado en los bombines del freno

Estos compensadores se sitúan directamente en los bombines del freno y no se basan en ningún parámetro como pudiera ser la carga o la deceleración. Tienen un paso calibrado por donde entra la presión hidráulica, gracias al cual los frenos traseros funcionan a presión constante independientemente de la que mande la bomba de freno. De esta forma evitan el fácil bloqueo de las ruedas de este eje y la consiguiente falta de tracción en ellas.

1.4 > Compensador en función de la deceleración del vehículo

Estos compensadores basan su funcionamiento en las deceleraciones que sufre el vehículo, en las cuales aumenta significativamente la carga sobre el eje delantero. Se componen de los siguientes elementos (figura 12.2):

- Una **bola de inercia** perfectamente mecanizada.
- Un **deflector** para la presión hidráulica ejercida sobre la bola de inercia.
- La **entrada de la presión hidráulica,** dotada de un estrechamiento.
- El **cilindro maestro** donde se desplaza la bola de inercia.
- Un **pistón** con un asiento en el que ajusta la bola de inercia.
- La **salida de la presión hidráulica** hacia las ruedas traseras.



12.2 Composición de un compensador en función de la deceleración.

Para el funcionamiento de este compensador se necesita un ángulo de inclinación del cuerpo de entre 20 y 25°; en esta colocación, la bola estará en la posición de reposo, siendo la presión de entrada igual que la presión de salida.

Al llegar a un cierto punto de deceleración producida por la frenada, la bola se desplazará por la inercia hacia el asiento del pistón, aislándolo, lo que lleva a disminuir la acción del freno trasero.

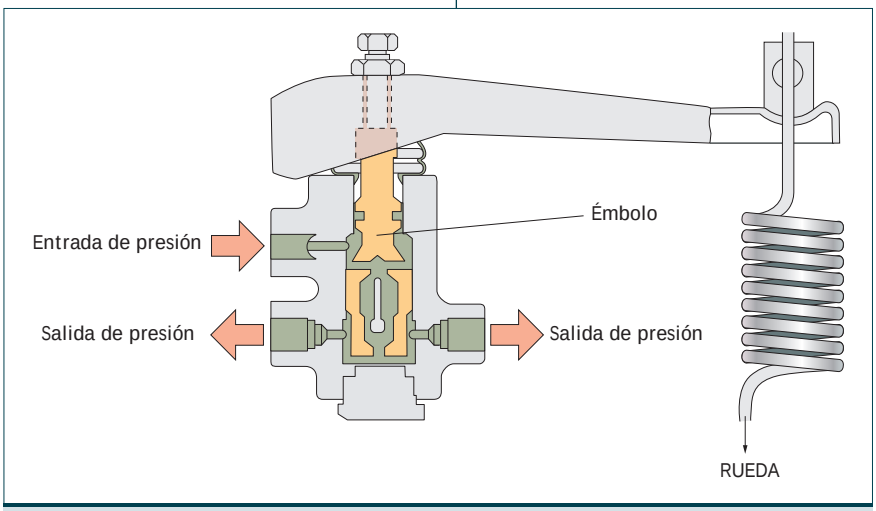
Así, si aumenta la presión de frenado desde el pedal del conductor, esta presión empujará al conjunto bola-pistón y se transmitirá a los frenos traseros compensada por la acción del deflector.

12.3 Compensador de frenada en función de la deceleración.

1.5 > Compensador en función de la carga del vehículo

El funcionamiento de este tipo de compensadores se basa en la carga del vehículo y actúa variando el paso del caudal de presión hidráulica al eje trasero. Este sistema posee una unión a la carrocería por la que se detecta si esta baja a causa del peso, lo que modifica la posición del émbolo.

El caudal procedente de la bomba entra en el compensador y, en función de la posición de la carrocería, el émbolo obturará más o menos el paso del caudal hidráulico a las salidas hacia las ruedas traseras (figura 12.4).



12.4 Compensador en función de la carga.

Técnica

Comprobación y reglaje del compensador de frenado por la carga del vehículo

•• La primera comprobación que debemos realizar en el limitador de presión es observar la no existencia de pérdidas de líquido de frenos por el recorrido hasta llegar a la pinza de frenos. Además debemos observar que las tuberías no presentan golpes que obturen el recorrido de la presión hidráulica.

La presión de llegada a la rueda trasera se verifica con la ayuda de un manómetro. Para realizar la medición procederemos a quitar el purgador de frenos de la rueda que se desee medir e insertaremos un acople al mismo, con el que observaremos la presión de llegada.

Es muy importante saber que los circuitos de frenos de los vehículos actuales están dispuestos en forma de «X», es decir, la rueda delantera izquierda y la rueda trasera derecha frenan de forma independiente a las dos restantes.

Así, procederemos a observar la presión de las ruedas delantera izquierda y trasera derecha, que deberá ser entre un 25 y un 40% superior en la rueda delantera que en la trasera. A continuación realizaremos la misma observación en las otras ruedas.

El reglaje del limitador de presión, se realiza en las tuercas de las que dispone la varilla que incorpora el muelle; alargándola o acortándola en función de lo que sea necesario (figura 12.5), y haciendo así que el limitador actúe de forma más rápida o más lenta.

12.5 Limitador de frenado por carga con la varilla de reglaje.

2 >> Sistemas de ayuda a la frenada

Los sistemas de ayuda a la frenada tienen la misión de facilitar el accionamiento del sistema de frenos hidráulico, lo que repercute en un menor esfuerzo del conductor. A estos sistemas de ayuda se les denomina servofrenos.

El principio de funcionamiento de un sistema de servofreno se basa en la suma de tres fuerzas en un mismo sentido:

- La fuerza aplicada por el conductor en la frenada a través del pedal.
- La fuerza aplicada en una cámara por la depresión.
- La presión atmosférica que contiene otra cámara completamente estanca con respecto a la cámara de depresión.

La suma de estas tres fuerzas dará lugar a la fuerza final de la frenada que se aplica al émbolo de la bomba hidráulica.

2.1 > Origen de la presión y la depresión de trabajo

En estos sistemas, la presión se origina por la propia atmósfera que, en condiciones estándar, es de 1 bar. En una cámara del servofreno se encuentra esta presión.

Por otro lado, la depresión proviene, en los motores de gasolina, del propio motor de combustión: se aprovecha el vacío que provocan los pistones en su carrera descendente en el ciclo de admisión, gracias a que se puede controlar el flujo de gases con la mariposa de gases.

En los motores diésel, sin embargo, al no existir la mariposa de gases, el vacío que crean los pistones al descender en el ciclo de admisión no es suficiente para actuar en el sistema servofreno. Por lo tanto, en estos motores se utiliza como elemento generador de vacío una **bomba de vacío.**

2.2 > Bomba de vacío

12.6 Bomba de vacío.

La bomba de vacío es el elemento generador de la depresión necesaria para el funcionamiento de los sistemas servofreno en los vehículos con motores de combustión diésel (figura 12.6). Esta bomba recibe el movimiento que necesita directamente del árbol de levas.

Las bombas de vacío suelen estar compuestas de uno o dos cilindros maestros por donde realizan un movimiento alternativo uno o dos pistones dotados de unos pequeños segmentos para asegurar la estanqueidad. Estos pistones tienen la misión de realizar el vacío necesario para el correcto funcionamiento del servofreno.

Algunos sistemas de bomba de vacío intercalan un pequeño acumulador para asegurar una capacidad directa de vacío, evitando posibles fluctuaciones de depresión que puedan notarse en el accionamiento del pedal de frenos por parte del conductor.

Bombas de vacío con cilindros de carrera corta

Este tipo de bombas de vacío son de tamaño más reducido, dado que los vehículos actuales necesitan optimizar el espacio debido a los numerosos elementos que posee el motor. El tamaño más compacto se obtiene reduciendo la carrera del cilindro y aumentando considerablemente el diámetro de la cabeza de los pistones.

2.3 > Funcionamiento del servofreno

El servofreno está dotado de dos cámaras: una cámara de vacío, la más grande, y una cámara de presión (figura 12.7).

En la cámara de vacío se integra un muelle de dimensión considerable para la retención de la membrana en los accionamientos que se realizan en el conjunto.

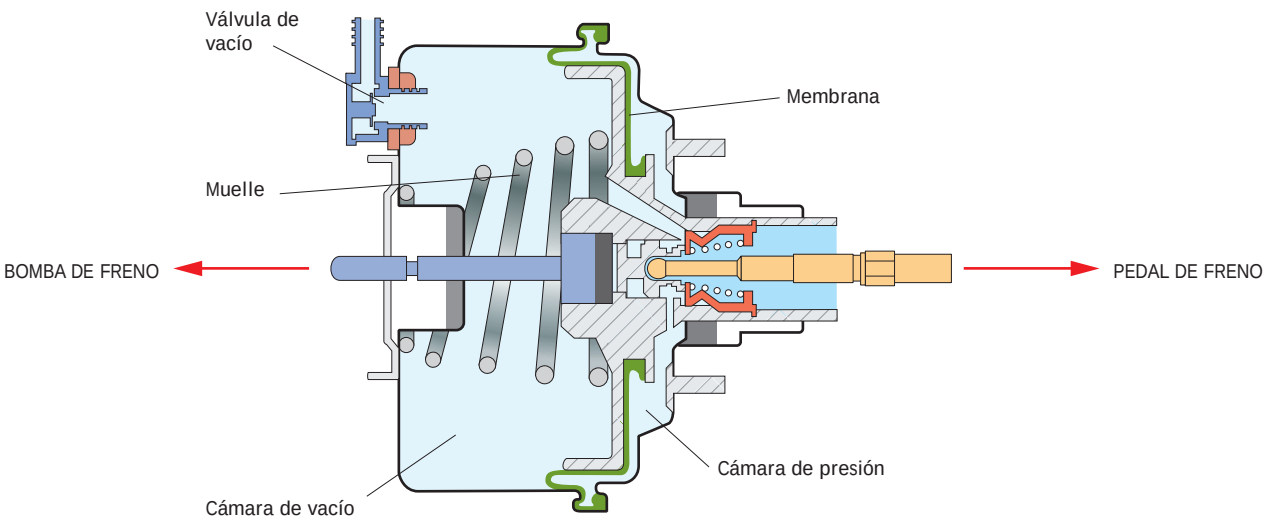
El servofreno posee una válvula en la cámara de vacío que se acciona por el funcionamiento del motor o de la bomba de vacío. Esta válvula consta de un muelle, un asiento y una bola acerada que controla la entrada de vacío dependiendo del funcionamiento del motor del vehículo: si se ve afectada por el vacío se despega del asiento, facilitando así la entrada del vacío en esta cámara.

Por otro lado, la cámara de presión está siempre sometida a la presión atmosférica del exterior.

Cuando el conductor pisa el pedal de freno, se transmite el movimiento generado en el pedal al eje del servofreno. En este momento se suman las tres fuerzas aplicadas al eje de accionamiento de la bomba hidráulica: la presión atmosférica, la depresión y la fuerza creada por el conductor al accionar el pedal. El resultado de esta suma de fuerzas es lo que se transmite a la bomba de frenos para accionarla.

El servofreno con el motor apagado

Cuando se para el motor de combustión, en el interior de la cámara de vacío se encuentra de forma estanca el vacío creado. Por este motivo, al accionar por primera vez el pedal de freno, no se nota diferencia en el tacto. Sin embargo, si se pisa una segunda vez, se percibe un endurecimiento del pedal, el cual reduce considerablemente la eficacia en la frenada y resulta peligroso para la detección del vehículo.



12.7 Composición de un servofreno.

12.8 Servofreno Mastervac.

2.4 › Tipos de servofrenos

Básicamente existen dos tipos de sistemas servofreno de ayuda a la frenada:

- El sistema Mastervac
- El sistema Hidrovac

Sistema Mastervac

Es el más utilizado en el montaje de vehículos. En este sistema el servofreno se inserta en serie entre el pedal de accionamiento y la bomba hidráulica de frenos (figura 12.8).

Sistema Hidrovac

Su principio de funcionamiento es el mismo; la única diferencia es que no se integra en serie entre el pedal y la bomba, sino que se puede situar en cualquier parte del vehículo.

El fabricante lo utiliza normalmente por falta de espacio en el vano motor, como ocurre en los camiones, donde se usa mucho esta adaptación al carecer estos vehículos de vano motor, puesto que dicho motor de combustión va instalado detrás de la cabina.

2.5 › Averías más usuales en los servofrenos

Algunas de las averías más usuales en los servofrenos son las siguientes:

- **Perforación de la membrana de mando,** que se soluciona sustituyendo todo el servofreno.
- **Rotura del tubo conductor del vacío** procedente del colector de admisión, que se repara sustituyendo dicho tubo de vacío del servofreno.
- **Mal funcionamiento de la válvula obturadora de vacío,** cuya sustitución resuelve el problema.
- **Holgura en el accionamiento del pedal de freno,** causada por el desgaste del mando de accionamiento a la bomba. Para subsanar este problema se procederá a la sustitución del conjunto de varillaje del pedal de freno.
- **Aparición de líquido de frenos en el servofreno,** lo que impide su correcto funcionamiento. La causa puede ser la rotura de algún retén de la bomba de freno. Para su reparación es recomendable sustituir dicha bomba y el servofreno, ya que este quedará inservible tras la entrada del líquido de frenos.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Cuál es el tipo de servofreno más utilizado?
2·· Pon dos ejemplos de dónde utilizarías un servofreno Hidrovac.
3·· ¿En qué posición del vehículo se instala el sistema de ayuda a la frenada de tipo Mastervac? ¿Y el sistema Hidrovac?
4·· Comenta las averías más usuales que se dan en los servofrenos e indica en cada una de ellas el procedimiento de reparación que realizarías para subsanarlo.

2.6 > Sistema de ayuda a la frenada de emergencia

La misión de los sistemas de ayuda a la frenada es facilitar la misma en situaciones de emergencia reduciendo la distancia de frenado entre un 10 y un 15%. Estos sistemas se integran dentro de las adaptaciones de los sistemas antibloqueo de freno (ABS).

El sistema de ayuda a la frenada de emergencia se compone de los siguientes elementos:

- **Unidad de control electrónica** del ABS (UCE).
- **Potenciómetro,** situado en el pedal de freno.
- **Electroimán,** que ayuda en el accionamiento del freno.
- **Servofreno**, con el sistema de ayuda a la frenada instalado. Este servofreno esta dotado de un electroimán alimentado por la unidad de control electrónica del sistema antibloqueo de frenos. Dicho electroimán va situado en el eje de mando del servofreno hará funcionar a la bomba hidráulica.

Funcionamiento del sistema

En el funcionamiento de un servofreno convencional actuaban tres fuerzas en un mismo sentido: la fuerza aplicada por el conductor, la depresión en la cámara de vació y la presión atmosférica.

En este sistema se añade una cuarta fuerza comandada electrónicamente por la unidad de control, que solo se activa cuando la unidad de control electrónica lo determina en acciones de frenada de emergencia.

Esta cuarta fuerza procede de un electroimán que al ser accionado por la unidad de control desplaza el eje de mando del servofreno en el mismo sentido que el resto de las fuerzas de frenado.

El sistema incorpora un potenciómetro en el pedal de freno con el que la unidad de control determina la fuerza y la rapidez con que se actúa sobre el pedal de freno. Este parámetro es el que condiciona la activación del electroimán de mando mediante la conocida como señal de miedo en la frenada.

Técnica

Sustitución de un servofreno

•• Para realizar la sustitución un servofeno de una forma correcta debemos seguir los pasos indicados a continuación:

1. Extraemos el líquido de frenos del depósito mediante una máquina de succión.
2. Aflojamos los racores de la bomba de frenos.
3. Aflojamos los tornillos de amarre de la bomba al servofreno.
4. Aflojamos los tornillos del servofreno por la parte interior del habitáculo y lo extraemos.
5. Montamos el nuevo servofreno, procediendo en sentido inverso al desmontaje.
6. Al finalizar hemos de realizar el purgado del sistema hidráulico de freno.

3 >> Diagnóstico de averías en los sistemas de frenado

El diagnóstico de las averías en el sistema de frenado es de suma importancia, dado que es un elemento de seguridad activo del vehículo y el único que interviene en la detención completa del mismo.

3.1 > Frenado desigual

Los motivos principales por los que se suele producir un frenado desigual son los siguientes:

- **Discos de frenado alabeados** por sobrecalentamiento o golpes. Para solucionarlo se deben sustituir los discos de freno y se recomienda, a su vez, la sustitución de las pastillas de freno.
- **Émbolos agarrotados o con pérdidas de líquido de frenos.** Para repararlos se procede a la sustitución completa o a la reparación parcial de los émbolos de accionamiento.
- **Deficiencias de funcionamiento en el corrector de frenado.** Para solucionarlo se sustituyen los correctores de frenado afectados.

3.2 > Ruidos extraños al realizar la frenada

Estos ruidos suelen ser debidos a elementos de fricción desgastados o cristalizados por sobrecalentamiento, o bien a surcos y ralladuras en los discos de frenado. Para solucionarlo se recomienda la sustitución completa de las pastillas y discos de frenado (figura 12.9).

12.9 Sustitución de las pastillas de freno.

3.3 > No existe tacto en el pedal de freno

Este problema suele deberse a las siguientes causas:

- **Pérdida de características del líquido de frenos** por no respetar las sustituciones periódicas del mismo indicadas por el fabricante del vehículo. Por lo tanto, lo que se debe realizar es una sustitución del líquido de frenos.
- **Existencia de aire en el interior del circuito hidráulico.** Para resolver este problema se debe realizar un purgado de dicho circuito.
- **Fugas de líquido de frenos.** Para repararlas, se deben subsanar las pérdidas.
- **Rotura o falta de estanqueidad de las copelas de la bomba de freno.** Se soluciona con la reparación mediante un kit de copelas o con la sustitución completa de la bomba de presión de frenado.

3.4 > Endurecimiento del pedal de freno

El accionamiento del pedal de freno suele endurecerse por alguna de las siguientes causas:

- **Perforación de la membrana del servofreno.** Para solucionarlo se sustituye todo el servofreno, ya que este no se puede desmontar.
- **Pérdidas de depresión procedentes de la bomba de vacío.** Para evitarlas se debe proceder a la sustitución de la bomba de vacío.
- **Agarrotamiento del émbolo de accionamiento.** Para resolverlo se debe proceder a la sustitución del conjunto de la pinza de freno afectada.

3.5 > Vibraciones en el volante al realizar la frenada

Los motivos más usuales por los que el volante suele vibrar en las frenadas son los siguientes:

- **Discos de freno alabeados o tambores ovalados.** Para solucionarlo se sustituyen los discos de freno afectados o se rectifican los tambores ovalados. Si los tambores están muy perjudicados se sustituirán (figura 12.10).
- **Holguras en las pinzas de freno.** Para corregirlas se intentan eliminar dichas holguras y, si no se consigue, se procede a la sustitución de las pinzas afectadas.
- **Holguras en el sistema de transmisión del vehículo** (palieres, trapecios, árboles, etc.). Para repararlas se intentan eliminar las holguras o se procede a la sustitución de los elementos afectados.

12.10 Comprobación del alabeo de un disco de freno.

3.6 > Baja eficacia de los frenos

Los frenos suelen reducir su eficacia debido a los siguientes problemas:

- **Desgaste de los elementos de fricción o cristalización de las pastillas de freno.** Para reparar esta avería se procederá a la sustitución de los elementos afectados.
- **Pérdida de las características del líquido de frenos.** En este caso, dicho líquido se debe reemplazar.
- **Avería en la bomba de freno,** con lo que se procederá a la sustitución completa de la bomba o a la reparación de las copelas de la misma mediante un kit de reparación.

3.7 > Bloqueo de los frenos

Los frenos se suelen quedar bloqueados, impidiendo que las ruedas giren con libertad, por los siguientes motivos:

- **Incorrecto funcionamiento de la bomba de freno.** Para solucionarlo se debe sustituir dicha bomba.
- **Muelles de retroceso de los frenos de tambor sueltos** de su alojamiento **o pérdida de elasticidad de los mismos.** Para repararlo se sustituye el kit de zapatas de freno.
- **Agarrotamiento de los pistones de las pinzas de freno,** por lo que es necesario sustituirlos.

P Práctica 14

3.8 > Pedal con demasiado recorrido de accionamiento

El recorrido del pedal de freno aumenta, principalmente, por una de las siguientes causas:

- **Rotura del sistema de reglaje de las zapatas.** Para repararlo es necesario sustituir dicho sistema de reglaje.
- **Rotura del servofreno,** que obliga a sustituir el conjunto completo.
- **Existencia de aire en el circuito de frenado.** Para subsanarla se realiza un purgado del circuito hidráulico de frenos.
- **Pérdida de las características del líquido de freno.** Para subsanar esta avería se procederá al cambio completo del líquido de frenos con el posterior purgado del sistema.

4 >> El frenómetro

El frenómetro tiene la misión de verificar la eficacia de los diferentes sistemas de frenado de que dispone el vehículo como, el freno de servicio, el freno de estacionamiento o el ABS.

El resultado de las verificaciones que realiza un frenómetro se indica en dos gráficas de distinto color que señalan el rendimiento de cada uno de los frenos de un mismo eje del vehículo.

El frenómetro consta de los siguientes componentes:

- **Sistema informático** de medición de datos.
- **Motores eléctricos,** tantos como rodillos posea el frenómetro.
- **Un par de rodillos por rueda comprobada**, por lo cual el frenómetro constará de cuatro rodillos, accionados por los motores eléctricos.
- **Un rodillo de base o sustentación,** que sirve de guía o apoyo a las ruedas cuando se esté efectuando la prueba de frenado. Consta de un rodamiento que permite el giro libre de este rodillo.

4.1 > Principio de funcionamiento de un frenómetro

El funcionamiento del frenómetro básicamente se basa en medir el par resistente que ofrecen los neumáticos al rodar impulsados por los rodillos, que se crea por la acción de frenado del sistema de frenos.

Dichos rodillos están dispuestos paralelamente y son los elementos donde se asientan las ruedas. Entre los dos rodillos existe otro más, llamado rodillo de base, que tiene el objetivo de sustentar y centrar la rueda mientras los otros dos rodillos giran (figura 12.11).

La comprobación de la eficacia de los frenos sobre el frenómetro se realiza en las ruedas de un mismo eje, mientras que el eje no comprobado estará en contacto con el suelo.

Cabe destacar que en el eje trasero se suelen realizar dos comprobaciones, la del freno de servicio y la del freno de estacionamiento, siendo estas totalmente diferentes.

12.11 Rodillos de un frenómerto.

4.2 > Resultados del frenómetro

Cuando se observan los resultados obtenidos por un frenómetro tras el análisis de un vehículo (figura 12.12), se deben tener en cuenta las siguientes pautas básicas:

- Una diferencia mayor de un 20% en la eficacia de frenada entre las ruedas de un mismo eje se considerará un mal funcionamiento del sistema de frenado, ya que dicha diferencia puede crear inestabilidad durante la frenada del vehículo.
- Normalmente, el sistema de frenos del eje delantero debe emplear entre un 60 y un 70% de la eficacia total de los frenos, y los frenos del eje trasero entre un 30 y un 40%, debido al reparto de pesos en el vehículo.

12.12 Vehículo realizando una revisión en el frenómetro.

4.3 > Factores determinantes en la eficacia del sistema de frenado

Los factores influyentes en el rendimiento del sistema de frenado son todos aquellos parámetros que pueden restar eficacia a los frenos.

Los principales factores que determinan la eficacia del sistema de frenado son los siguientes:

- Desgaste de los elementos de fricción.
- Pérdidas de líquido de frenos del circuito hidráulico.
- Mal estado o pérdida de las características del líquido de frenos.
- Defecto de funcionamiento de la bomba hidráulica o del servofreno.
- Mal estado de los neumáticos.
- Defecto de funcionamiento del compensador de frenada para el eje trasero.
- Mal funcionamiento del sistema de suspensión del vehículo.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué parámetros tienen en cuenta los fabricantes de vehículos a la hora de diseñar el sistema de frenos para instalar un corrector de frenado?

2·· ¿Cuál suele ser el reparto de pesos entre los ejes de un vehículo si este lleva instalado el motor en el eje delantero?

3·· Explica el funcionamiento de un corrector de frenada de tipo fijo.

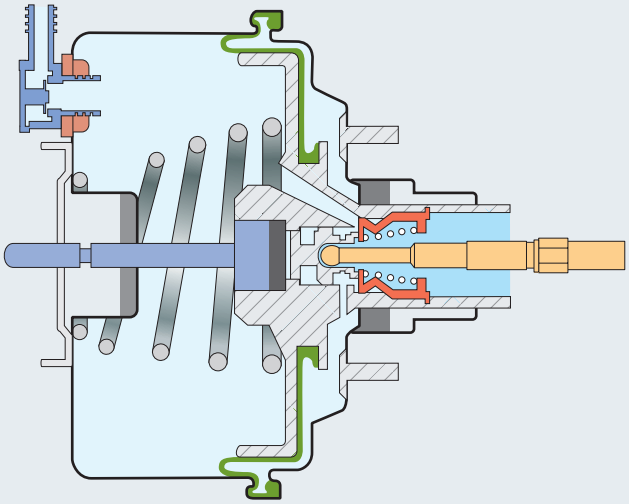
4·· Explica el funcionamiento de un corrector de frenada en función de la carga del vehículo.

5·· ¿Cómo se origina la depresión o vacío en el servofreno de un vehículo de gasolina? ¿Y en el de uno diésel?

6·· ¿Qué tres fuerzas se suman en el principio de funcionamiento de un servofreno?

7·· ¿De qué cámaras está compuesto un servofreno?

8·· Indica las partes de un servofreno:



9·· Explica las diferencias que existen entre un servofreno Mastervac y uno Hidrovac.

10·· Explica el funcionamiento del servofreno e indica de qué tres fuerzas se compone la fuerza final de accionamiento de la bomba hidráulica.

11·· ¿Qué es el sistema de ayuda a la frenada de emergencia y qué ventajas fundamentales se obtienen con este tipo de sistemas?

12·· ¿De qué elementos se compone el sistema de ayuda a la frenada de emergencia?

.: APLICACIÓN :.

1·· Encuentra y observa la ubicación del corrector de frenada en un vehículo. Para ello sigue las canalizaciones de entrada y las de salida.

Caso final

Comprobación de la presión de trabajo dependiendo de la altura de la carrocería

•• Comprueba las presiones de llegada a los bombines del eje trasero dependiendo del contacto de las ruedas sobre el suelo en un vehículo dotado de los compensadores en función de la carga del vehículo.

Solución ••

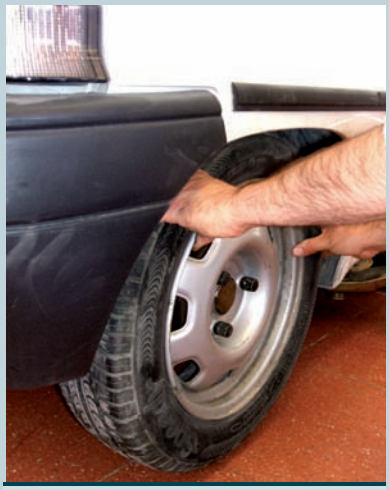
Para llevar a cabo esta comprobación realizaremos tres mediciones:

- Una con las ruedas completamente en contacto con el suelo (figura 12.13).
- Otra con las ruedas totalmente en el aire (figura 12.14).
- Y la última estando las ruedas en contacto parcial con el suelo (figura 12.15).

Con estas mediciones observaremos las diferencias de presión y podremos llegar a una conclusión.

12.13 Ruedas en contacto con el suelo.

12.14 Ruedas en el aire.

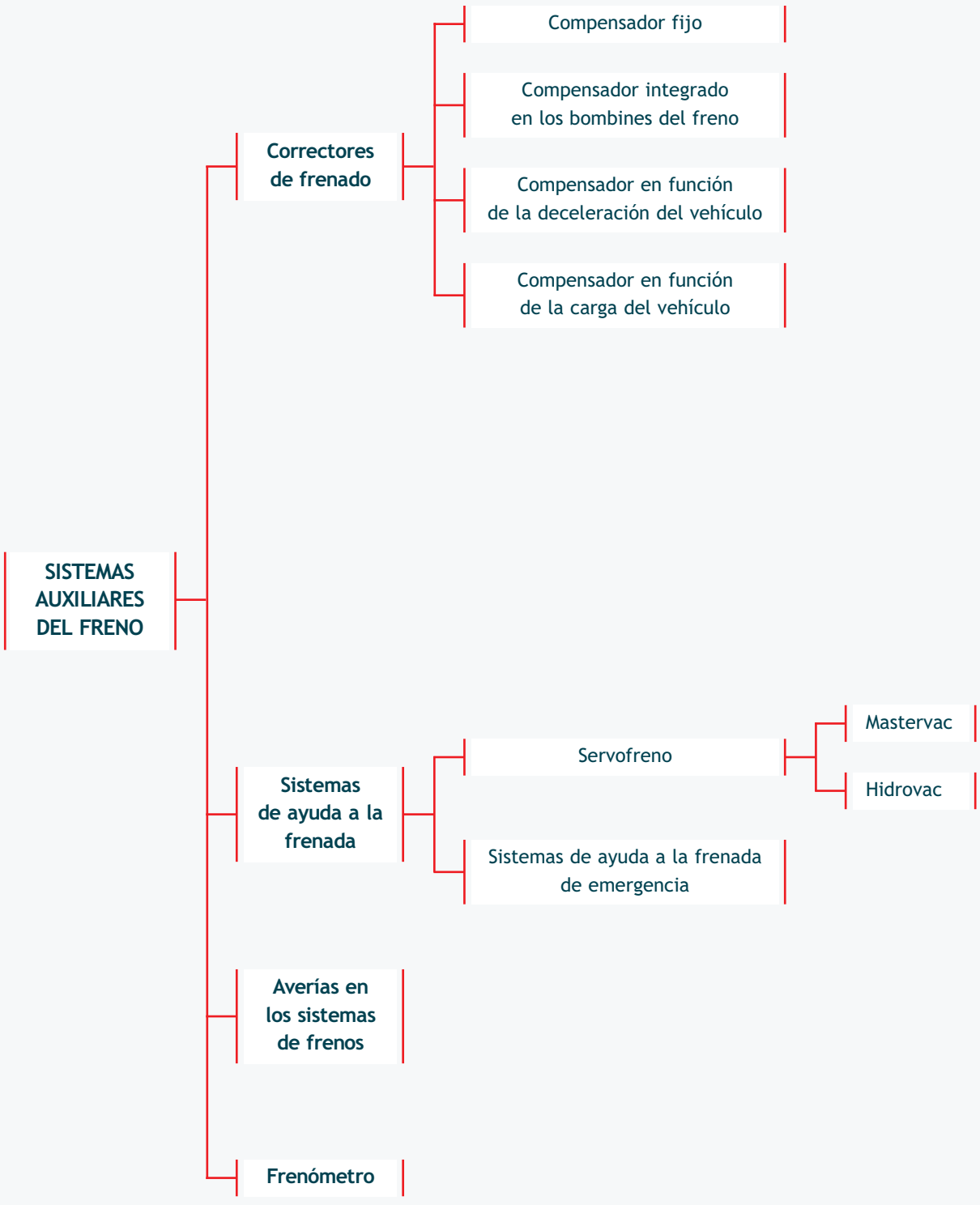


12.15 Ruedas en contacto parcial con el suelo.

Para proceder, seguimos los siguientes pasos:

1. Alzamos el vehículo con un elevador.
2. Instalamos el manómetro en el purgador, el cual aflojaremos parcialmente para la comprobación.
3. Realizamos la acción de frenada y mantenemos el pie pisado para observar la presión de llegada en los tres casos anteriormente descritos.
4. Comprobamos en el manómetro de presión la medición en los tres casos y la comparamos con las mediciones en la otra rueda del mismo eje; la variación de presión entre las ruedas en ningún caso debe ser mayor del 20%.

Ideas clave


SISTEMAS AUXILIARES DEL FRENO
Correctores de frenado
Compensador fijo
Compensador integrado en los bombines del freno
Compensador en función de la deceleración del vehículo
Compensador en función de la carga del vehículo
Sistemas de ayuda a la frenada
Servofreno
Mastervac
Hidrovac
Sistemas de ayuda a la frenada de emergencia
Averías en los sistemas de frenos
Frenómetro

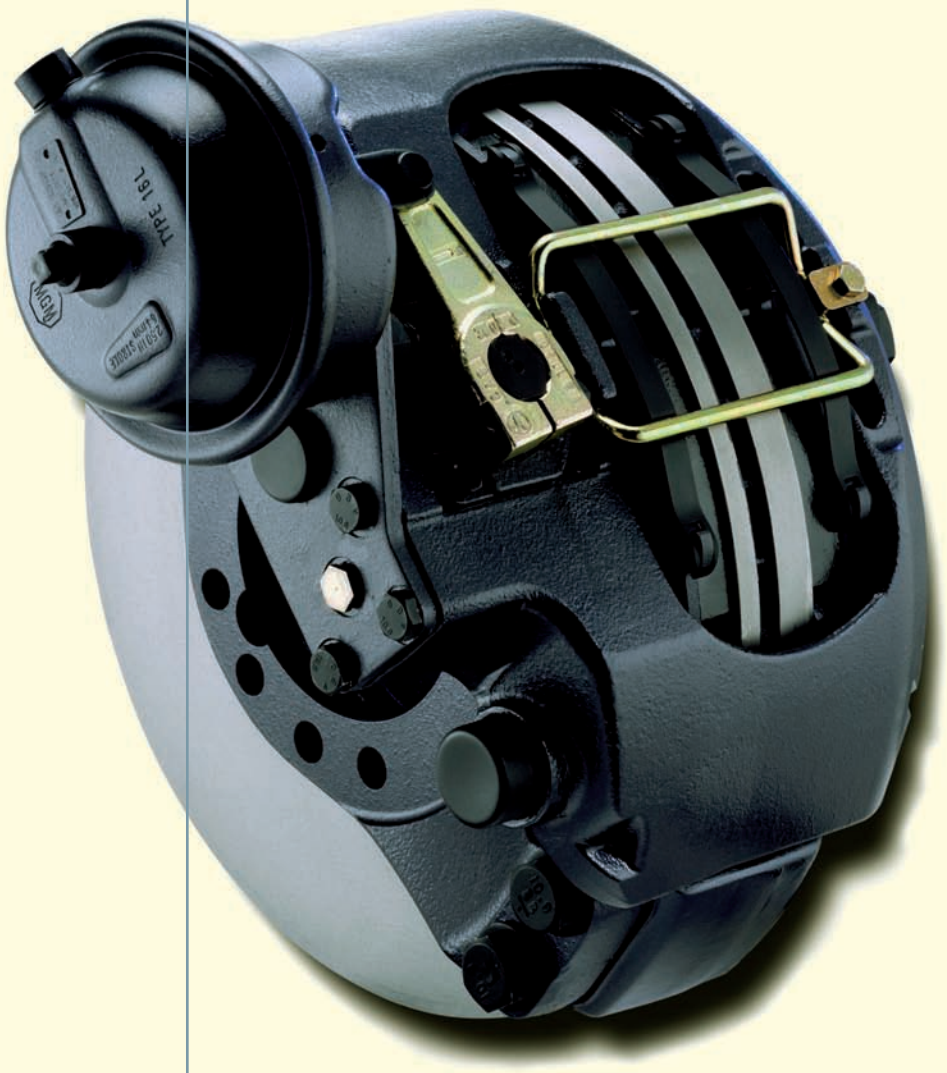
REPARTIDOR ELECTRÓNICO DE FRENADO

Este dispositivo que incorpora el sistema de frenos antibloqueo (ABS) tiene la misión de regular la presión hidráulica de la frenada en las ruedas traseras en función de la carga del vehículo. Con la reducción de la presión hidráulica en el circuito de frenos de las ruedas traseras cuando el vehículo va descargado, evitamos que las ruedas de este eje se bloqueen fácilmente, ya que yendo el vehículo descargado podemos decir que el contacto de los neumáticos en el asfalto es menor que yendo el vehículo cargado e iniciándose una frenada de emergencia. Tradicionalmente el sistema empleado en los vehículos antiguos era mecánico, pero con la introducción de la electrónica en el sistema de frenado, esta acción la comanda la propia unidad de control, permitiendo ajustar de modo mucho más preciso la cantidad de presión hidráulica que se necesita en la frenada del vehículo.

El principio de funcionamiento de los repartidores de frenada que existen en el automóvil, tanto electrónicos como mecánicos, es regular la intensidad de la frenada de las ruedas traseras en función de la carga que lleve el vehículo, ya que a mayor peso soportado sobre las ruedas traseras, más capacidad de frenada posee el vehículo antes de comenzar la rueda a bloquearse.

Cada fabricante determina sus siglas sobre el vehículo en casi todos los sistemas actuales. A continuación se detallan las siglas que utilizan uno o varios fabricantes a la vez. Por ejemplo Ford y el Grupo Volkswagen (Audi, Volkswagen, SEAT y Skoda) denominan al repartidor electrónico de frenada como EBD *(Electronic Blake Distribution),* mientras que el fabricante PSA (Peugeot y Citroen) lo determina como REF (Repartidor Electrónico de Frenada).

Jaime Carlos Borja,
Jaime Fenoll y José Seco



unidad 13

Sistemas neumáticos de freno

SUMARIO

- Características, funcionamiento y composición de los sistemas neumáticos de freno
- Frenos del remolque
- Averías y comprobaciones

OBJETIVOS

- Conocer la composición y las características de los sistemas neumáticos de freno.
- Entender el funcionamiento básico de los sistemas neumáticos de freno.
- Distinguir los tipos de frenos de remolque existentes
- Conocer las principales comprobaciones que se deben realizar en los sistemas neumáticos de freno.

1 >> Los sistemas neumáticos de freno

A diferencia de los sistemas hidráulicos de frenado, los sistemas neumáticos utilizan aire a presión que suele proceder del propio aire atmosférico, con una presión de trabajo generada normalmente mediante un elemento interpuesto en el sistema neumático denominado compresor neumático.

Los sistemas neumáticos se utilizan en la mayoría de los vehículos industriales, debido a su fiabilidad en el funcionamiento y a que en las largas distancias de estos circuitos cumplen mejor las condiciones de trabajo que un circuito hidráulico convencional.

En los frenos neumáticos no son necesarios elementos de asistencia a la frenada como el servofreno, puesto que la fuerza ejercida por el conductor actúa directamente sobre el caudal de aire comprimido.

1.1 > Características de los sistemas neumáticos

Separación por ejes

Para aumentar los niveles de seguridad, los sistemas neumáticos de freno suelen estar formados por sistemas de frenado independientes instalados en cada eje.

Frenos auxiliares

El sistema neumático de freno debe disponer de los siguientes sistemas de frenado, añadidos al freno de servicio:

- **Frenos de emergencia,** que deben detener el vehículo en unas cotas determinadas con o sin carga.
- **Freno de estacionamiento,** que debe mantener el vehículo detenido en pendientes de hasta un 18% de desnivel con carga en el remolque.

Eficacia de la frenada

La pérdida de eficacia de los frenos por calentamiento en los vehículos industriales es uno de los factores que se deben tener en cuenta. Por ello, se estipula que la eficacia de los frenos neumáticos tiene que ser:

- Superior al 80% en condiciones normales.
- Superior al 60% cuando los frenos se encuentren muy calientes por su uso prolongado.

Disponibilidad de aire

Otra característica muy importante en los sistemas neumáticos de freno es la necesidad de disponer de aire a presión después de varios usos continuados, ya que el aire utilizado en cada frenada es expulsado a la atmósfera tras su uso, de forma que en la siguiente frenada siempre se utiliza aire nuevo, a diferencia de lo que ocurre en los circuitos hidráulicos, donde el fluido usado es siempre el mismo.

Por ello, es muy importante verificar que, tras accionar el pedal de freno ocho veces consecutivas, se mantiene la eficacia del freno de emergencia en todo momento.

Calentamiento del aire

Al estar expuesto el aire del sistema neumático a una compresión, este aumentará de temperatura de manera proporcional al aumento de dicha compresión.

Kilogramo fuerza

En los sistemas neumáticos es muy común utilizar como medida de fuerza el kilogramo fuerza (kgf) o kilpondio (kp), que es la fuerza que ejerce la gravedad sobre un kilogramo de masa, es decir:

1 kgf = 9,8 newtons

1.2 > Parámetros significativos

En los circuitos neumáticos, dada su extensión, puesto que se suelen montar en vehículos industriales o de obras públicas, la fuerza que se aplica sobre el elemento de frenada dependerá de los pistones de accionamiento y de la geometría que presenta el varillaje encargado de activar los elementos de fricción.

Para saber la fuerza que aplica un pistón de accionamiento, se debe tener en cuenta la presión que llega a dicho pistón y su superficie. Para calcular esta fuerza de frenado se utiliza la siguiente fórmula matemática:

$F = p \cdot S$

F = Fuerza sobre el elemento de fricción
p = Presión ejercida por el aire
S = Superficie del pistón

Si se despeja correctamente esta fórmula, se puede calcular cualquiera de las tres magnitudes que la componen: la fuerza de frenado, la presión del aire comprimido y la superficie del pistón de accionamiento.

>> Casos prácticos

Cálculo de la presión de mando

•• Disponemos de un sistema de frenos con pistones de accionamiento cuya sección circular mide 20 cm^2 y su sistema neumático trabaja con presiones de entre 1 y 8 kgf/cm^2:

a) ¿Cuál será la fuerza máxima y mínima que es capaz de aplicar cada pistón de accionamiento?
b) Necesitamos que los pistones de accionamiento del sistema desarrollen una fuerza de 200 kgf. ¿Podrán hacerlo con esta configuración? Si no es así, ¿qué puedes hacer para conseguirlo?

Solución ••

a) Para calcular las fuerzas máxima y mínima que puede desarrollar cada pistón, aplicamos la fórmula con S = 20 cm^2:
   - Presión mínima:

$$p = 1\ kgf/cm^2 \Rightarrow F = 1 \cdot 20 = 20\ kgf \text{ de fuerza mínima}$$

   - Presión máxima:

$$p = 8\ kgf/cm^2 \Rightarrow F = 8 \cdot 20 = 160\ kgf \text{ de fuerza máxima}$$

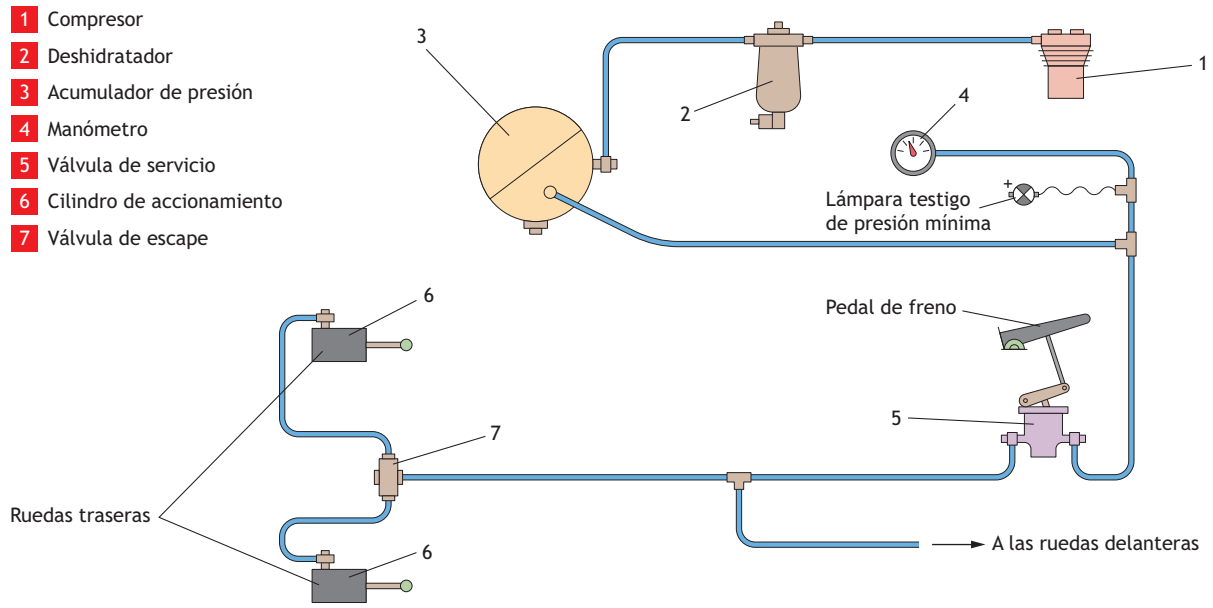
b) Como hemos calculado en el apartado anterior, el valor máximo de presión es de 160 kgf, que no llega a los 200 kgf pedidos; por tanto, tendremos que modificar el sistema para conseguirlo. Debido a que el valor de presión no se puede aumentar, la única solución es cambiar el pistón de accionamiento neumático por otro de mayores dimensiones. Tendremos que calcular la superficie de dicho pistón para obtener el resultado deseado, para lo que despejamos la fórmula:

$$\left.\begin{array}{l} F = 200\ kgf \\ p = 8\ kgf/cm^2 \end{array}\right\} \Rightarrow 200 = 8 \cdot S \Rightarrow S = \frac{200}{8} = 25\ cm^2 \text{ de superficie del nuevo cilindro}$$

Hay que considerar que los fabricantes trabajan con diámetros estandarizados y se tendría que verificar cuál de ellos se acerca más a las necesidades calculadas.

2 >> Funcionamiento básico de un sistema neumático de freno

Para entender fácilmente el funcionamiento de un sistema neumático de frenado se explica a continuación el funcionamiento del circuito de un sistema neumático de freno de tipo simplificado (figura 13.1).



13.1 Esquema de un sistema neumático de frenado básico.

Un sistema neumático básico de freno funciona de la siguiente forma:

1. El compresor es el encargado de generar la presión neumática necesaria en el sistema al recibir el movimiento del propio motor de combustión del vehículo.
2. El aire comprimido alcanza el deshidratador, cuyo objetivo es eliminar la mayor parte del agua procedente de la humedad relativa del aire absorbido del exterior, para aumentar la vida útil del sistema neumático de frenos.
3. Posteriormente, el aire comprimido llega al acumulador de presión, donde se almacena una reserva importante de este aire a presión para asegurar las sucesivas acciones de frenado realizadas por el conductor.
4. Un testigo o un manómetro indica la presión de servicio del circuito a su llegada a la válvula del pedal de freno o válvula de servicio.
5. Una vez realizada la acción de frenado, la presión de aire es transmitida a los cilindros de accionamiento, que son los encargados de accionar los sistemas de tambor o disco de que disponga el vehículo, realizándose así la frenada.
6. Al dejar de actuar sobre la válvula de servicio de frenado, se libera el aire del circuito de frenos por una válvula de escape, para reactivar rápidamente los mecanismos de frenado.

Las tuberías del sistema neumático de frenado

Las canalizaciones en un sistema de frenado neumático suelen estar fabricadas de aleaciones de cobre o acero con bajo porcentaje de carbono, lo que hace que puedan resistir con creces la presión de mando, que rara vez será superior a 12 bares, sin variar su diámetro.

3 >> Constitución del sistema neumático de freno

Un circuito de frenado con accionamiento neumático se compone de los siguientes elementos:

- Compresor de aire
- Deshidratador
- Depósito de aire o acumulador de presión
- Regulador de presión
- Bomba anticongelante
- Decantador de aire
- Válvulas neumáticas
- Cilindros de freno
- Elementos de frenado

3.1 > Compresor de aire

El compresor de aire (figura 13.2) es el elemento encargado de producir la presión necesaria para el correcto accionamiento de los distintos sistemas neumáticos del vehículo, entre los que se encuentra el sistema de frenado.

13.2 Compresor de dos pistones.

El compresor recibe el movimiento del motor de combustión interna del vehículo a través de un sistema de transmisión por correa o por engranajes. Este segundo método resulta más ruidoso, por lo que se utiliza con menor frecuencia.

Para mantener su buen estado y funcionamiento, y evitar su gripado, es muy importante mantener el nivel correcto de aceite lubricante del compresor, por lo que se debe prestar especial atención al nivel del mismo.

Durante la compresión del aire, el compresor se calienta. Para evitar la pérdida de su efectividad, se le suele dotar de grandes aletas de refrigeración y, en ocasiones, incluso se refrigera su culata con el líquido refrigerante procedente del sistema que utiliza el motor de combustión.

3.2 > Deshidratador

El deshidratador (figura 13.3) tiene la función de eliminar, en la mayor medida posible, el agua que, en forma de vapor, contiene el aire de la atmósfera que utiliza el sistema neumático.

13.3 Deshidratador.

El deshidratador del sistema neumático está formado básicamente por los dos elementos siguientes:

- El **cuerpo principal,** donde se condensa el agua que tiene el aire comprimido procedente del compresor y el aceite que pueda ser expulsado del mismo.
- Un **filtro** por el que pasa el aire para ser preparado y purificado.

En este elemento también se suele instalar un rácor de salida que sirve para utilizar aire a presión en diferentes operaciones como inflado de ruedas, limpieza de filtros, etc.

3.3 > Depósito de aire o acumulador de presión

La función del depósito de aire o acumulador de presión es almacenar aire suficiente a la presión adecuada para los diferentes accionamientos del freno, y reservar una cantidad para poder realizar una frenada de emergencia sin necesidad del compresor en caso de avería.

Este elemento también se encarga de suavizar las fluctuaciones de caudal de aire generadas por el funcionamiento de los cilindros del compresor.

Los acumuladores de presión suelen tener forma esférica o cilíndrica (figura 13.4). Su capacidad depende de la longitud y el diámetro interior de las tuberías y del diámetro de los émbolos de accionamiento de los elementos de fricción del sistema de freno.

En su parte inferior, los acumuladores disponen de unas válvulas de purga para eliminar el agua que, por la condensación, se haya podido almacenar en el mismo.

13.4 Acumulador de presión.

3.4 > Regulador de presión

El regulador de presión es el encargado de limitar la presión máxima de uso del sistema neumático. Para ello descarga automáticamente el compresor al alcanzar el valor de presión marcada por el fabricante.

3.5 > Bomba anticongelante

A temperaturas inferiores a 0 °C, las partículas de agua que contiene el aire procedente del exterior que utiliza el sistema neumático pueden congelarse, produciendo grandes pérdidas de eficacia del sistema de frenado.

Para evitar este efecto, los sistemas neumáticos disponen de una bomba anticongelante, accionada por aire o eléctricamente, que introduce en el sistema un líquido anticongelante que, al mezclarse con las partículas de agua, reduce su temperatura de congelación muy por debajo de 0 °C.

Esta bomba anticongelante se suele ubicar entre el compresor y el regulador de presión.

3.6 > Decantador de aire

El decantador de aire es el encargado de eliminar del sistema neumático los restos de agua y otros elementos que no han sido eliminados por el deshidratador.

La decantación se produce por centrifugado del aire comprimido en el recipiente del decantador, donde se retienen los restos de agua y partículas metálicas generadas por el desgaste en el funcionamiento normal del compresor o cascarillas de óxido del interior de las tuberías del sistema.

La eliminación de los restos decantados se efectúa a través de una válvula de purga automática, cuyo accionamiento es eléctrico, gobernado por la unidad de control que la activa de forma periódica.

El decantador se ubica entre el compresor y la válvula de seguridad.

3.7 > Válvulas neumáticas

El sistema neumático de freno posee una gran cantidad de válvulas con funciones específicas.

Válvula de protección cuádruple

La válvula de protección cuádruple se sitúa entre el deshidratador y los acumuladores de presión, para garantizar su aislamiento en caso de avería de un único circuito. De ese modo, el resto de circuitos pueden disponer de una presión mínima de trabajo cuando existe un fallo del sistema.

La presión neumática asegurada en caso de avería debe ser suficiente para poder detener el vehículo con cierta seguridad y rapidez.

Válvula de freno de servicio

La válvula de freno de servicio modula la presión que reciben los pistones de accionamiento del freno dependiendo de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno por el conductor.

Válvula correctora de frenado

El corrector de frenado es el encargado de adaptar la frenada a las distintas condiciones del vehículo.

En los sistemas neumáticos, la corrección de frenada se consigue mediante la actuación sobre la presión del propio sistema, lo que asegura una desaceleración óptima del vehículo. Esta corrección, que también se contempla en los sistemas hidráulicos de los turismos, adquiere aquí una mayor relevancia puesto que en vehículos de tipo industrial la variación de la frenada en función de la carga es muy acusada.

Al igual que ocurre en los compensadores en función de la carga de los turismos, los correctores de frenada neumáticos, esencialmente, van fijados al chasis y, mediante un conjunto de varillas unidas al eje correspondiente, dirigen la acción sobre la válvula de servicio.

Válvula de freno del remolque

La válvula de freno del remolque se alimenta del depósito del remolque de carga y actúa sobre su válvula de mando mediante una válvula doble de parada.

Esta válvula puede ser accionada por el conductor para obtener diferentes potencias de frenado.

Válvula de mando del remolque

La válvula de mando del remolque es la encargada de enviar presión de aire al sistema de frenado del remolque.

Esta válvula está alimentada por el sistema neumático del vehículo de forma constante, pero los remolques disponen de un sistema de emergencia de frenada para hacer frente a la falta de alimentación de aire o a otro posible fallo.

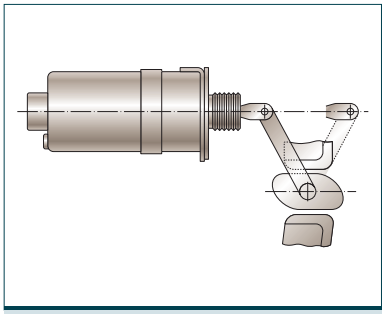
3.8 > Cilindros de freno

Los cilindros de freno son los encargados de accionar los elementos de fricción del freno (pastillas o zapatas). Estos cilindros van situados en los frenos de cada una de las ruedas del vehículo.

Para accionar los cilindros, se rellenan con aire a presión que desplaza los pistones que se encuentran en su interior. Estos empujan los mecanismos de varillaje, que actúan a su vez sobre los elementos de fricción del freno.

Cuando cesa la entrada de aire, los cilindros se mantienen activados con una potencia de frenado determinada. Al terminar la acción de frenado, los cilindros son vaciados y sus pistones retornan a la posición de reposo, ayudados por unos muelles (figura 13.5).

El sistema de frenos antibloqueo (ABS), con que se dota a la mayoría de los vehículos pesados, actúa sobre la cantidad de aire que reciben los cilindros de forma análoga a su forma de actuar en los sistemas hidráulicos de freno.



13.5 Actuación de un cilindro de freno.

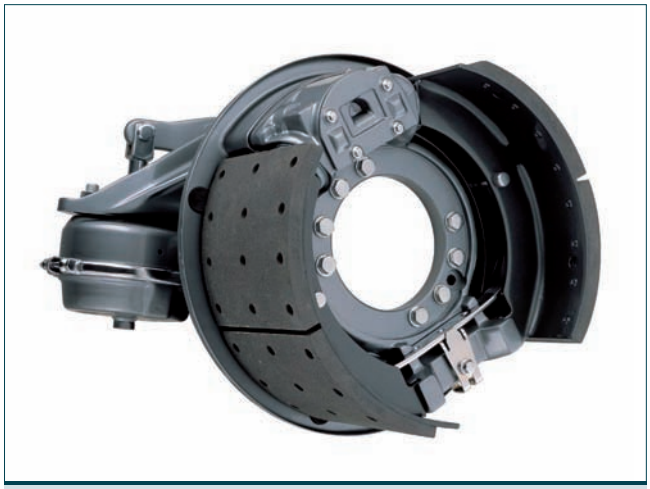
3.9 > Elementos de frenado

Se denominan elementos de frenado a los sistemas que realizan directamente la acción de frenado.

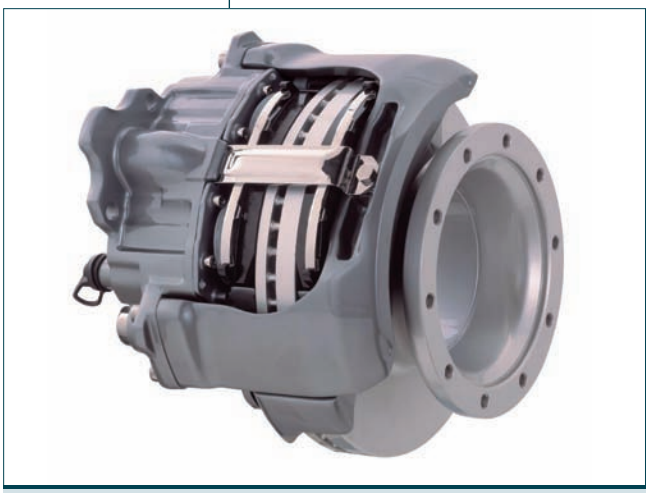
Al igual que en los sistemas hidráulicos de freno, los elementos de frenado en los sistemas neumáticos pueden ser de disco y de tambor. El uso de cada uno de ellos depende fundamentalmente del trabajo que vaya a desempeñar el vehículo:

- Para obras públicas se suelen instalar frenos de tambor (figura 13.6), ya que presentan mayor durabilidad y fiabilidad, dado que el tambor aísla el conjunto de frenado del polvo, la tierra, etc. elementos muy abundantes donde suelen trabajar este tipo de vehículos.
- Los sistemas de freno de disco (figura 13.7) suelen utilizarse en vehículos destinados al transporte de mercancías o personas por carretera.

El mantenimiento de los elementos de frenado es el mismo que en los circuitos de freno con acción hidráulica.



13.6 Freno neumático de tambor.



13.7 Freno neumático de disco.

4 >> Frenos de remolque

Los vehículos que pueden arrastrar un remolque en muchos casos están obligados a dotarlos de sistemas de frenado que faciliten la detención del conjunto vehículo-remolque.

Existen dos tipos básicos de frenos de remolque:

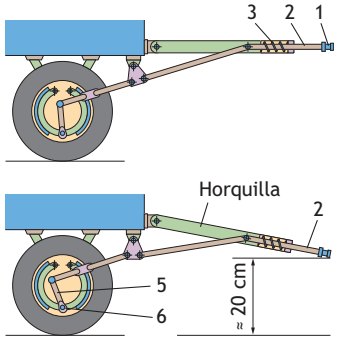
- **Mecánicos,** para remolques de pequeñas dimensiones.
- **Neumáticos,** para el resto de usos, como vehículos de transporte de mercancía, obras públicas, etc.

4.1 > Sistema mecánico de frenado en remolques

En los remolques de poco peso destinados principalmente al enganche en turismos, se suelen montar frenos mecánicos para ayudar al conjunto a detenerse.

La frenada se realiza con un sistema de accionamiento mecánico acoplado en la lanza del enganche del vehículo con el remolque.

El remolque puede efectuar su frenada de forma totalmente mecánica por dos sistemas bien diferenciados denominados frenado por inercia y frenado por caída (figura 13.8).



1 Enganche del remolque
2 Barra de tracción
3 Mecanismo de frenado por inercia
4 Varilla del sistema de freno
5 Palanca del sistema de freno
6 Leva de frenado

13.8 Sistemas mecánicos de accionamiento de freno de remolque.

Frenado por inercia

El mecanismo de frenado por inercia es de tipo elástico y se sitúa sobre la argolla de enganche del remolque y la barra de tracción. Este mecanismo mueve una varilla y una palanca para que actúen sobre las levas de accionamiento mecánico de las zapatas de los frenos.

Frenado por caída

En el sistema de frenado por caída se utiliza el peso del enganche para mover hacia abajo el conjunto de varillas y actuar de esa forma sobre las levas de accionamiento mecánico de los elementos de frenado, cuando el remolque se ve empujado por la inercia producida al frenar el vehículo.

4.2 > Sistema neumático de frenado en remolques

Los remolques de vehículos industriales deben realizar una frenada proporcional a la que realiza el vehículo. Además, es imprescindible que dispongan de una cantidad de aire de reserva propia para su accionamiento, para asegurar una frenada del remolque lo más rápida y eficaz posible en caso de fallo del sistema o de la rotura del enganche con el vehículo tractor.

Los sistemas neumáticos de freno de los remolques se suelen componer de un depósito, una válvula relé de emergencia, cilindros de frenado neumático, alimentación del remolque (rojo) y freno de servicio (amarillo).

A su vez, estos remolques llevan un mecanismo de freno de estacionamiento con mandos totalmente mecánicos. Los nuevos remolques utilizan los cilindros de frenado de muelle como el resto de los frenos de estacionamiento neumáticos.

5 >> Ralentizadores

A causa del gran peso que soportan, en los vehículos industriales, y especialmente en los encargados del transporte de mercancías o personas, los elementos de frenado están expuestos a una fatiga extra, lo que les puede llevar a disminuir e incluso eliminar por completo su capacidad de frenado.

Por este motivo se han desarrollado diferentes sistemas que realizan reducciones de velocidad, eliminando así parte del trabajo a los elementos de frenado de este tipo de vehículos. A estos elementos se les denomina **sistemas ralentizadores.**

Los ralentizadores más utilizados, clasificados según su accionamiento, son los siguientes:

- Ralentizador de escape
- Ralentizador eléctrico
- Ralentizador hidráulico

5.1 > Ralentizador de escape

Físicamente, los motores de combustión no son muy distintos de un compresor de pistón. Su diferencia fundamental radica en que el motor gira gracias a las explosiones producidas en su interior por un combustible, mientras que un compresor simplemente comprime aire movido por un motor externo.

Por tanto, si a un motor de explosión se le limita la cantidad de gases de escape que puede expulsar, se frenará la evacuación de estos gases, aumentando así la presión en los cilindros y ralentizando el motor, lo que producirá un efecto de freno.

Si a esta acción le añadimos el corte de alimentación de combustible, en realidad se está haciendo que el motor del vehículo funcione como un gran compresor, obteniendo un par resistente en la transmisión y, por tanto, frenando el conjunto del vehículo gracias a la compresión del aire, sin que se produzca ninguna explosión de trabajo.

Para conseguir este efecto, los vehículos industriales van dotados de una mariposa, semejante a las existentes en los carburadores, que obtura la salida de los gases en el colector de escape. Esta mariposa puede ser accionada mecánicamente mediante el sistema neumático, o con motores eléctricos paso a paso. Con la gestión electrónica de los motores se está sustituyendo cada vez más el accionamiento mecánico por el gestionado electrónicamente.

El gran inconveniente de este tipo de sistema es el aumento de temperatura de los gases, que se produce por el trabajo de compresión del aire y, por tanto, del motor.

Por este motivo, su uso debe ser racional por parte del conductor siendo imprescindible verificar que la apertura de la mariposa es completa durante la marcha normal del vehículo para que el motor ofrezca sus máximas prestaciones.

La acción de frenada ineficiente

Un claro ejemplo de acción de frenada ineficiente se puede observar en un exceso de temperatura de las zapatas de frenado denominado *fading*, que se explica en la unidad 11.

13.9 Estator.

5.2 > Ralentizador eléctrico

El ralentizador eléctrico se basa en la acción del campo magnético que generan dos electroimanes cuando se hace girar un elemento circular, llamado rotor conductor metálico, fijado al sistema de transmisión del vehículo:

- Si los electroimanes no reciben corriente eléctrica, el rotor gira sin ningún tipo de impedimento movido por el sistema de transmisión del vehículo.
- Si los electroimanes reciben corriente eléctrica, en el campo magnético creado entre los dos electroimanes se produce una fuerza sobre el rotor en sentido contrario del giro del mismo frenándolo, lo que frena a su vez el elemento de la transmisión del vehículo al que está fijado, que puede ser:
  - La propia transmisión, fijado al chasis del vehículo
  - La salida de la caja de cambios
  - La entrada del tren trasero

La fuerza que se opone al giro es mayor cuanto mayor sea la intensidad de la corriente eléctrica que alimente a los electroimanes, lo que provoca un mayor efecto de frenado en el vehículo.

Los ralentizadores eléctricos están compuestos, principalmente, por los siguientes elementos:

- **El estator:** es la parte fija que alberga las bobinas de excitación y los rodamientos de la transmisión (figura 13.9). Es el encargado de crear el campo magnético que actuará sobre el rotor.
- **El rotor:** está formado por dos platillos movibles unidos al elemento de transmisión y otro conjunto de platillos de acoplamiento. Este elemento es el que gira y transmite la ralentización al vehículo.

El control sobre este tipo de ralentizador lo efectúa el propio conductor de forma progresiva, dependiendo de los requerimientos de la conducción.

Generalmente tiene cuatro posiciones de funcionamiento, lo que dosifica el nivel de ralentización aportado por este tipo de sistemas ralentizadores. También podemos encontrar ralentizadores de accionamiento eléctrico de más de cuatro posiciones de activación, llegando incluso a utilizarse mandos de accionamiento de hasta seis posiciones.

Este tipo de ralentizadores no suelen utilizarse en los vehículos industriales actuales, sin embargo sí se aplicaron en vehículos de este tipo hace unos años.

>> Actividades propuestas

1·· Comprueba, en un ralentizador eléctrico real, la tensión y las intensidades eléctricas en sus diferentes niveles de actuación que, como se ha indicado, puede poseer entre 4 y 6 posiciones de accionamiento. Compara las comprobaciones obtenidas con las que se indicaban en el manual de reparación del ralentizador del fabricante.

5.3 > Ralentizador hidráulico

Los ralentizadores hidráulicos (figura 13.10) están constituidos por un rotor y un estator ubicados en el interior de un cárter lleno de aceite, y su principio de accionamiento es similar al de un embrague hidráulico.

El rotor del ralentizador se une al árbol de transmisión mientras que el estator se une al cárter. Mediante el movimiento transmitido por el árbol de transmisión, el rotor gira y mueve el aceite contenido en el interior del ralentizador. Este movimiento de aceite es frenado por las diversas cámaras que posee el estator y, a su vez, este frenado se comunica a la transmisión del vehículo y, como consecuencia, este último es frenado.

El aceite con el que trabaja el ralentizador se extrae del cárter del propio vehículo, pasa por un filtro para ser depurado de impurezas y, de ahí, llega finalmente al sistema del ralentizador hidráulico.

Dependiendo de la acción del conductor y de la señal recibida de la unidad electrónica de control, el ralentizador se llena de la cantidad de aceite precisa para obtener el par resistente de frenado.

Las ventajas de este tipo de ralentizadores son las siguientes:

- Tiempo corto de respuesta del frenado.
- Menor peso del conjunto.
- Temperaturas de uso más bajas.
- Posibilidad de velocidad constante en descensos de puertos o pendientes prolongadas.

13.10 Ralentizador hidráulico.

Los ralentizadores hidráulicos han sustituido prácticamente por completo a los eléctricos.

Según la ubicación del ralentizador hidráulico en el vehículo, estos se denomina frenos primarios o frenos secundarios.

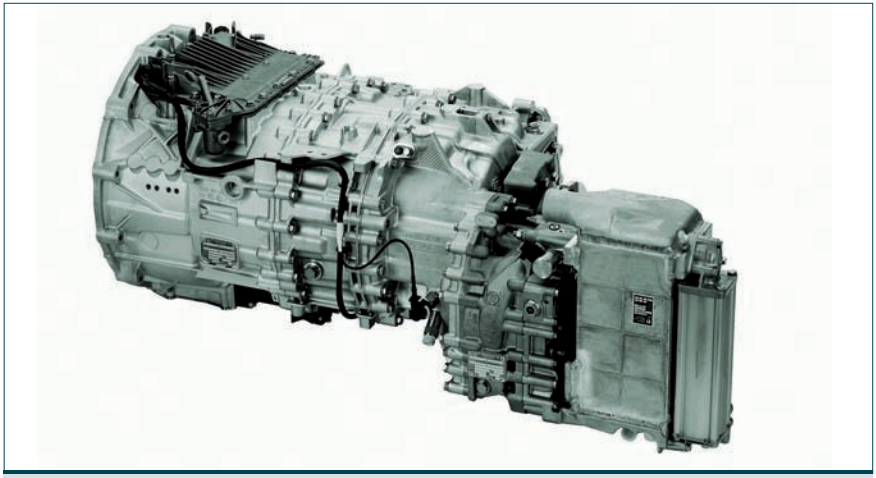
Freno primario

El ralentizador hidráulico de tipo freno primario se encuentra situado entre el motor y la caja de velocidades (figura 13.11). Presenta las siguientes ventajas frente al secundario:

- Volumen reducido.
- Realización de la función de embrague.
- Pequeñas pérdidas de potencia en vacío.
- El frenado que aplica es inversamente proporcional a la velocidad del vehículo.

Pero, además, presenta los siguientes inconvenientes:

- Se utiliza únicamente en cajas de cambios automáticas, con el sobrecoste que esto representa.
- No actúa en posición neutral (punto muerto) o con el motor fuera de servicio.



13.11 Ralentizador hidráulico de tipo freno primario.

Freno secundario

El ralentizador hidráulico de tipo freno secundario se ubica entre la caja de velocidades y el puente trasero del vehículo.

Las ventajas más importantes de este sistema son:

- Posibilidad de instalación en cualquier vehículo dotado de un motor con refrigeración líquida.
- Posibilidad de ser instalado como accesorio o elemento no original del vehículo.
- Actúa aunque se produzca un fallo en la gestión electrónica.

Por otro lado, presenta los siguientes inconvenientes:

- Alta complejidad de instalación y regulación.
- Gran volumen, lo que supone un elevado número de kilos agregados al vehículo
- Produce pérdidas de potencia en vacío, a la vez que, a velocidades reducidas, el efecto de frenado también es bajo.

5.4 > Verificaciones en los ralentizadores

Para su correcto mantenimiento, los ralentizadotes precisan de una serie de verificaciones que variarán según sean de escape, eléctricos o hidráulicos.

Verificaciones en los ralentizadores de escape

Las verificaciones que es conveniente realizar en los ralentizadores de escape son las siguientes:

- **El libre movimiento del varillaje de mando para cerrar la mariposa de estrangulación.** Esta verificación la realizará directamente el operario moviéndolo.
- **La alimentación de aire comprimido al cilindro de accionamiento,** si el accionamiento es neumático. La verificación se realizará desconectando la tubería de alimentación o comprobando el vacío mediante un manómetro de mando.
- **La alimentación de la corriente eléctrica,** si es de accionamiento eléctrico. La verificación se realizará mediante un polímetro (intensidad-voltaje).

Verificación en los ralentizadores eléctricos

Las verificaciones que se realizan más habitualmente en los ralentizadores eléctricos son las siguientes:

- La alimentación eléctrica del conjunto del freno ralentizador.
- El bobinado del estator del conjunto del freno eléctrico, en cuanto a resistencia y continuidad.
- El bobinado del rotor, en cuanto a resistencia y continuidad.
- El aislamiento eléctrico del conjunto, comprobando que derive a masa.
- Las tolerancias impuestas por el fabricante en el montaje del conjunto.
- El estado mecánico de los rodamientos.

Verificación en los ralentizadores hidráulicos

En los ralentizadores de tipo hidráulico se verifican los siguientes puntos:

- **El estado y nivel del aceite que acciona el sistema.** Es de gran importancia que el aceite se encuentre en unas condiciones óptimas para el buen funcionamiento del sistema.
- **El mando eléctrico y electrónico de las válvulas.** La cantidad de aceite que se introduce en el ralentizador depende de las necesidades de efecto de frenado que precise el conductor. La verificación de estos sistemas debe realizarse con la máquina de diagnosis (figura 13.12) en el apartado «Transmisiones».
- **El estado mecánico del conjunto del ralentizador.** Se trata de una inspección visual y técnica, fundamentalmente del estado de los álabes del conjunto rotor-estator.

13.12 Conexión de una máquina de diagnosis a un vehículo industrial.

>> Actividades propuestas

2·· ¿Cuáles son las principales verificaciones que se deben realizar en los ralentizadores hidráulicos?

6 >> Averías y comprobaciones en el sistema neumático de freno

Las averías en un sistema de freno de tipo neumático se pueden dividir en averías mecánicas y averías procedentes del circuito de frenado.

6.1 > Averías y comprobaciones mecánicas

Las averías mecánicas en un sistema neumático de frenos se centran principalmente en el estado de los elementos de frenado, bien sean de tambor o de disco.

Desgaste prematuro

Este tipo de avería se verifica por el espesor del forro del elemento de fricción. La comprobación y la reparación se realiza de la misma forma que en los sistemas hidráulicos de freno.

Desgaste desigual

En estos casos se observa un desgaste desigual entre los elementos de fricción de un mismo eje.

Esta comprobación es visual y se deberá efectuar sobre los frenos de disco, ya que la zapata primaria de freno posee un forro ligeramente sobredimensionado.

Este desgaste desigual puede producirse por una diferencia de presión entre ambos elementos de frenado de un mismo eje.

Vibraciones en el frenado

Las vibraciones durante el frenado pueden producirse principalmente por el alabeo del disco o el ovalamiento del tambor de freno.

La comprobación de estos problemas se realizará de la misma forma que en los sistemas hidráulicos de freno y la reparación, mediante la rectificación o sustitución del tambor o del disco de freno.

Ruido en la frenada

Este ruido se produce cuando entran en contacto los elementos de fricción al accionar el pedal de frenado.

El ruido es producido por la cristalización del elemento de fricción o por la interposición de suciedad entre dichos elementos de fricción. La cristalización de un elemento de fricción es el endurecimiento de la superficie del mismo por los cambios bruscos de temperaturas a los que ha estado sometido.

Además de ruido, la cristalización también produce una bajada de rendimiento del elemento de frenado.

Para su reparación se procede a la sustitución o el lijado de la superficie de contacto, siendo esto último menos recomendable por su menor efectividad.

Las averías en los elementos de fricción

Las averías en los elementos de fricción de un sistema de mando neumático son prácticamente las mismas que las que se dan en los sistemas hidráulicos de freno.

13.13 Comprobación del sistema de freno de disco neumático.

6.2 > Averías y comprobaciones neumáticas

Las averías y comprobaciones neumáticas pertenecen al sistema de accionamiento de este tipo de frenos, desde el elemento generador de presión hasta el cilindro de freno.

Si no se dan las presiones de trabajo adecuadas en los cilindros de accionamiento puede ser debido a una fuga en el sistema, a la obstrucción de las válvulas de regulación, a conexiones en mal estado interior, etc.

La herramienta principal para realizar este tipo de verificaciones será el manómetro, con los acoples de presión correspondientes, y se deberán tener claros los puntos de comprobaciones del circuito. La capacidad de medición de estos manómetros será, aproximadamente, de hasta 12 bares. No obstante, es conveniente consultar en el manual del fabricante el valor de trabajo que tiene la presión de frenada, para utilizar el manómetro adecuado.

Comprobaciones previas en el sistema neumático

Antes de realizar cualquier prueba con el manómetro en sistemas de frenado neumático, se deben verificar ciertos valores iniciales de dicho sistema para detectar si el fallo existente es de generación o de recepción de aire a presión.

En función del tipo de vehículo se actuará de un modo diferente:

- **Vehículo o cabeza tractora.** La conexión del manómetro se realiza en el depósito acumulador para verificar:
  - La presión de la desconexión del compresor neumático por la activación de la válvula de seguridad de presión.
  - La presión de servicio para la frenada en el acumulador.
  - La presión de reconexión del compresor al bajar la presión del umbral determinado por el fabricante en el acumulador.
- **Remolque.** La conexión del manómetro se realiza en las partes del vehículo donde se conectan las tuberías de alimentación del semirremolque, y se verifica en ese punto la presión de alimentación que recibe dicho semirremolque en la toma roja de alimentación que posee el mismo (figura 13.14).

La presión residual

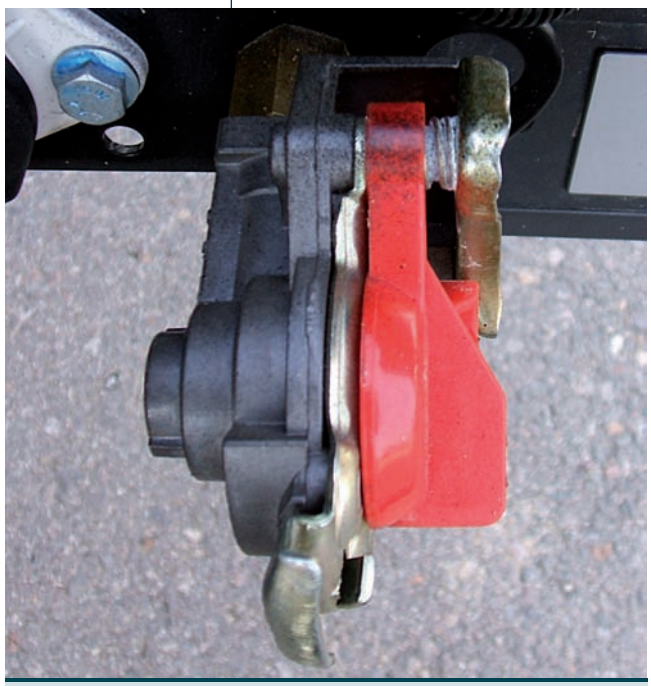
La presión residual es de la que dispone el vehículo en caso de fallo del sistema. En caso de emergencia esta presión debe permitir realizar una frenada segura y eficazmente durante un periodo de tiempo determinado.

La comprobación constará de los siguientes pasos:

1. Conectar un manómetro en el acumulador de presión del vehículo.
2. Contectar un manómetro en cada eje del vehículo, para medir la presión de frenado en cada uno de ellos.
3. Elevar la rueda que se desea verificar.
4. Realizar el frenado y soltar el pedal de freno para comprobar posteriormente la presión residual.

Comparación de las comprobaciones

Todos los valores obtenidos de las lecturas realizadas en las comprobaciones deben ser contrastados con los valores teóricos que indica el manual del fabricante del vehículo.



13.14 Toma de alimentación de un remolque.

13.15 Manómetro.

La presión final de frenado

La presión final de frenado es la que actúa en el momento de la realización de una frenada efectiva y, por lo tanto, inicia el proceso de frenada. Es importante conocer su valor y poder comparar la llegada de la presión neumática a cada eje.

El proceso de comprobación de esta presión consta de los siguientes pasos:

1. Conectar un manómetro de control en el acumulador de presión.
2. Conectar un manómetro en cada eje del vehículo, para su posterior comprobación.
3. Elevar la rueda que se desea verificar.
4. Girar la rueda con la mano y realizar un frenado.

Es muy importante tomar nota de los valores de la presión de los siguientes elementos del circuito de frenado para, posteriormente, compararlos con lo que indica el fabricante en el manual de reparación:

- El depósito acumulador del vehículo.
- El cilindro de freno de la rueda correspondiente al inicio de la presión de ataque.

La evolución de la presión en el proceso de frenado y desfrenado

La progresividad en el proceso de frenado y desfrenado depende directamente de la variación de las presiones en el sistema de frenado. Para conocer dicha evolución, debemos tener en cuenta los valores de estas variaciones de presión que nos indicarán el estado y el funcionamiento del sistema neumático.

Para realizar esta comprobación de forma correcta se se debe actuar de la siguiente forma:

1. Con el motor apagado se conectan los manómetros en los acumuladores de presión, más en concreto en las tomas que se pueden registrar a lo largo del circuito neumático.
2. Se actúa de forma suave sobre el pedal de freno hasta llegar al valor máximo de accionamiento. Se libera el pedal y se comprueba la sincronización en las presiones entre la cabeza tractora y el semirremolque de carga.
3. Se acciona de nuevo el pedal de freno; los valores de comprobación oscilarán entre 4 y 6 bares, dependiendo de los valores indicados por el fabricante.

Fluctuaciones en el sistema de frenos neumático

Si al comprobar con el manómetro de presión en el circuito neumático observamos que su aguja no se estabiliza, esto indica que no se mantiene la presión estable en el sistema.

Este hecho puede estar causado por desgastes en el compresor neumático, por pérdidas de aire a presión o por tuberías obstruidas o golpeadas.

Por este motivo es aconsejable proceder a una revisión completa del sistema neumático.

6.3 > Métodos de comprobación de las temperaturas de los elementos de frenado

La comprobación de las temperaturas de los distintos elementos de frenado consiste, principalmente, en realizar diferentes procesos de frenada en una prueba por carretera y comprobar en las instalaciones del taller las temperaturas alcanzadas por cada elemento del sistema y, en su caso, también del semirremolque de carga.

Una diferencia de temperatura importante entre varios elementos del sistema puede tener como consecuencia fallos en el proceso de frenada.

Este tipo de comprobaciones van ligadas directamente a las averías tanto mecánicas como neumáticas, y son muy habituales en el taller de reparación de vehículos industriales y de obras públicas.

La temperatura en los elementos de frenado se comprueba con medidores de pinza o medidores de última generación por láser.

Diferencia de temperatura entre los elementos de fricción de la cabeza tractora y el semirremolque

Si se dan diferencia de temperatura entre los elementos de frenado del vehículo tractor y del semirremolque cercanas a 100 °C, puede deberse a las siguientes causas:

- Reglaje defectuoso del sistema de palancas de accionamiento en semirremolques.
- Mal reglaje del corrector de frenada.
- Fallo en el acoplamiento entre los elementos de fricción de los frenos.
- Mal reglaje de las palancas de actuación.

Diferencia de temperatura entre los elementos de fricción de las ruedas de un mismo eje de la cabeza tractora

Los motivos que pueden provocar diferencias de temperatura entre los elementos de frenado de las ruedas de un mismo eje superiores a 20 °C suelen ser los siguientes:

- Incorrecto reglaje de las palancas de accionamiento de los sistemas de frenado.
- Mal retroceso del cilindro de accionamiento.
- Conexiones y tuberías defectuosas, que no dejan pasar suficiente caudal de aire.
- Muelles de retorno de los cilindros de frenado defectuosos.
- Compuesto de frenado incorrecto o no recomendado por el fabricante del sistema.

>> Actividades propuestas

3·· ¿Para qué sirve el método de comprobación de temperaturas en un sistema neumático?

4·· ¿De qué forma se comprueban las temperaturas de los distintos elementos de frenado de un sistema neumático?

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un sistema neumático de frenos?

2·· ¿Cuál es el objetivo del compresor de un sistema neumático de frenos?

3·· ¿Qué función realiza un acumulador de presión en un circuito neumático?

4·· ¿Para qué es necesaria la introducción de un deshidratador en el circuito neumático? Si no tuviéramos ese deshidratador, ¿qué podría suceder a largo plazo en el sistema neumático?

5·· ¿Qué objetivo tiene la bomba anticongelante en un circuito neumático?

6·· ¿Qué permite un decantador en el circuito neumático y cómo se activan este tipo de dispositivos en los vehículos actuales?

7·· ¿Para qué es necesaria la inserción del corrector de frenada en un circuito neumático?

8·· ¿Cómo actúan los pistones de accionamiento sobre los elementos de fricción?

9·· ¿Qué tipo de sistemas de frenado existen en los frenos de remolque por accionamiento mecánico? Explica el funcionamiento de cada uno de ellos.

10·· ¿Qué misión tiene un ralentizador en un sistema neumático de frenos?

11·· ¿Qué tipo de ralentizadores existen? Explica el funcionamiento de cada uno de ellos.

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica sobre un vehículo con sistema neumático de frenos la situación de un ralentizador y averigua qué tipo de accionamiento posee.

2·· Identifica sobre un vehículo con frenos de accionamiento neumático todos los elementos de dicho sistema y la ubicación de los mismos. Realiza un pequeño croquis del recorrido del fluido neumático en el circuito desde la salida del comprensor hasta el cilindro de accionamiento.

3·· Busca en Internet temas referentes a vehículos con frenado neumático, sus especificaciones técnicas, las mejoras que se han realizado en ellos o la gestión electrónica que poseen.

Caso final

Comprobación de la temperatura de los elementos de freno

•• Comprueba las temperaturas de los diferentes elementos de fricción de un camión que está dotado de un semirremolque de carga, para determinar si existen averías procedentes del sistema de mando neumático de frenos, de los propios elementos de fricción o de un mal reglaje de los mismos.

Solución ••

Las herramientas que utilizaremos serán un elevador de alta carga para levantar el vehículo y un medidor de temperaturas (figura 13.16).

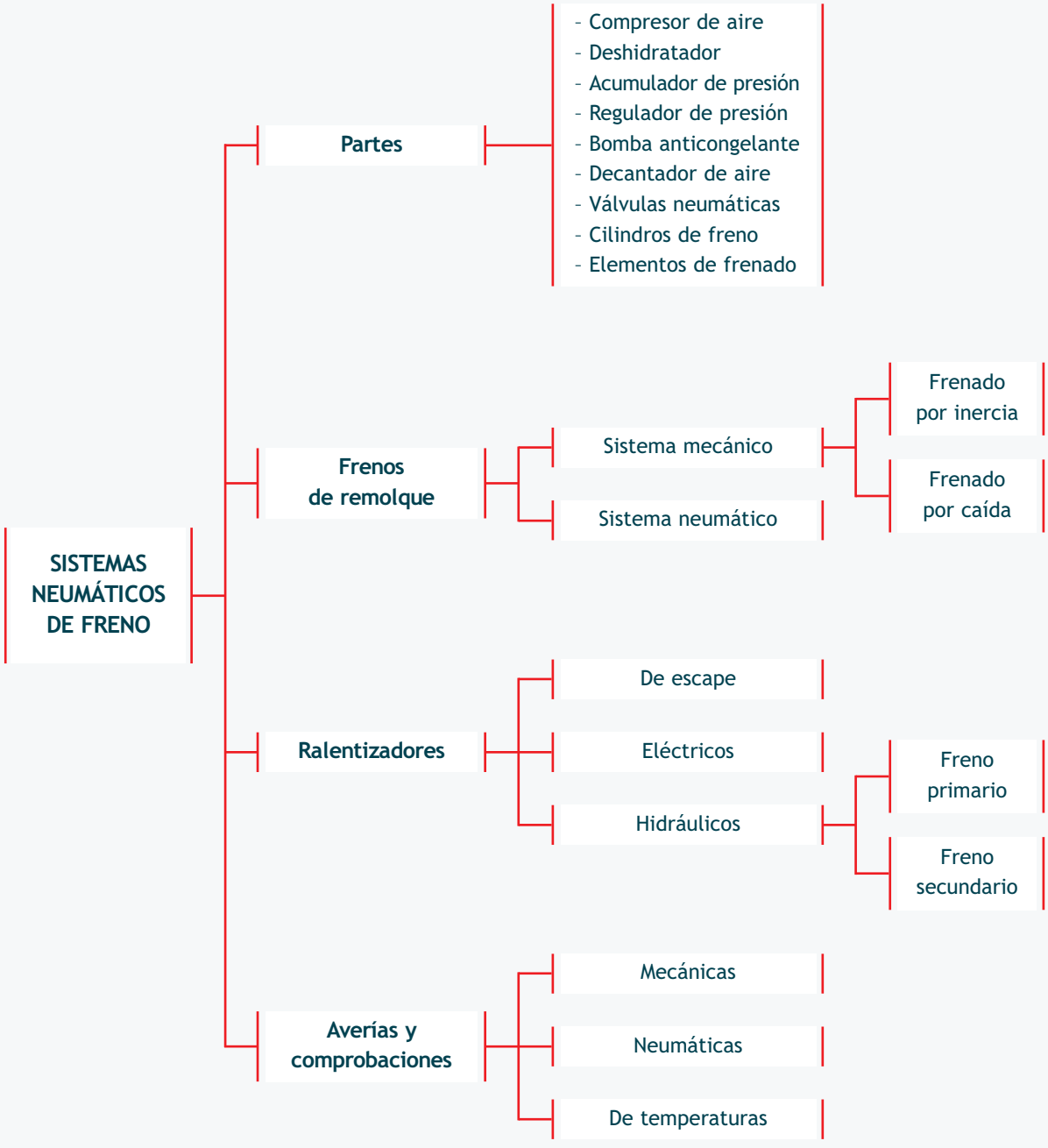
Para realizar un correcto proceso de comprobación de las temperaturas de los elementos de frenado del camión y de su semirremolque, debemos seguir los siguientes pasos:

1. Preparamos el elevador, los alrededores del mismo y el medidor de temperaturas, ya que la comprobación debe ser inmediata tras la prueba de carretera.
2. Realizamos una prueba de carretera, donde se omita, a poder ser, el recorrido por autovías, y se efectue una conducción por carretera transitada, ya que es preciso el uso continuado del sistema de freno.
3. Al terminar la prueba de carretera, de vuelta en el taller, situamos el camión a media altura en el elevador (figura 13.17).
4. Realizamos la comprobación de la temperatura de los elementos de frenado entre los mismos ejes de la cabeza tractora y del semirremolque de carga.
5. Al analizar los resultados no deben existir diferencias de temperatura de más del 5% entre los elementos de fricción. Si estas diferencias apareciesen, se puede deber al mayor frenado de una rueda, a una presión residual elevada, a holguras de la varilla de mando del cilindro de trabajo deficiente o al empleo de elementos de fricción inadecuados no recomendados por el fabricante.

13.16 Medidor de temperaturas.

13.17 Cabeza tractora de un camión en el elevador.

Ideas clave


SISTEMAS NEUMÁTICOS DE FRENO
Partes
- Compresor de aire
- Deshidratador
- Acumulador de presión
- Regulador de presión
- Bomba anticongelante
- Decantador de aire
- Válvulas neumáticas
- Cilindros de freno
- Elementos de frenado
Frenos de remolque
Sistema mecánico
Frenado por inercia
Frenado por caída
Sistema neumático
Ralentizadores
De escape
Eléctricos
Hidráulicos
Freno primario
Freno secundario
Averías y comprobaciones
Mecánicas
Neumáticas
De temperaturas

Un Motor de Aire Comprimido

Tras doce años de estudio y desarrollo sobre motores y coches limpios que funcionan con el aire comprimido adicional, Guy Nègre ha conseguido desarrollar un motor que puede convertirse en uno de los mayores avances tecnológicos de este siglo. Presenta ahora el concepto Compressed Air Technology systems (CAT's). La fábrica donde se encuentran los prototipos está en Niza en Francia. Motor Development International (MDI: www.motordeaire.com) es una empresa de nuevas tecnologías y totalmente independiente. [...]

EL MOTOR

El modo mono-energía

El motor serie CAT's 34 mono-energía desarrollado entre finales del 2001 y principios del 2002 lleva un dispositivo de control del recorrido de los pistones de 2ª generación y un único cigüeñal. Estos pistones son de etapas, una etapa motor y una etapa de compresión y/o de expansión intermedia. Tiene 4 pistones a dos etapas, o sea, 8 cámaras de compresión y/o de expansión que se utilizan o bien para comprimir el aire ambiente y rellenar los tanques, o bien para efectuar expansiones sucesivas (recuperación de energía térmica ambiente.

Su volante motor está equipado con un moto-alternador eléctrico de 5 kW. Este motor es simultáneamente el motor del grupo en modo compresor, el motor de arranque, el alternador para la recarga de la batería, un moderador/freno eléctrico y una aportación momentánea de energía.

No lleva embrague, el motor no funciona cuando el coche está parado y el arranque se hace sobre el plato magnético para reactivar el grupo de aire comprimido. Las maniobras de aparcamiento pueden efectuarse sobre el motor eléctrico [...].

El modo bi-energía

Los motores CAT's de serie 34 podrán equiparse y funcionar con bi-energía —combustible fósil y aire comprimido— adjuntando un dispositivo de recalentamiento (de combustión continua, muy fácilmente controlable para obtener emisiones contaminantes muy escasas) del aire instalado entre el tanque de almacenamiento del aire y el motor.

Este dispositivo permite un funcionamiento autónomo con un combustible fósil que autoriza, gracias a esta aportación de energía, obtener autonomías compatibles con una utilización en carretera.

Durante su funcionamiento en energía fósil, el compresor permite el relleno de los tanques de aire comprimido mientras que los dispositivos de mando permiten conservar un funcionamiento de cero contaminación en ciudad a velocidades inferiores a 60 km/h.

Caja de cambio

Desarrollada por MDI, el cambio de velocidad se realiza gracias a un sistema eléctrico que no requiere ninguna manipulación por parte del conductor. En efecto, el cambio de velocidades quedará definido en cada momento por un sistema informático en función de la velocidad. [...]

Moto-alternador

El moto-alternador efectúa el vínculo entre el motor y la caja de cambios. [...]

EL COCHE

El vehículo es básicamente un coche urbano ligero y sencillo, que integra una carrocería de fibra (vidrio o cáñamo). [...] El chasis es tubular, como en los vehículos de competición o en las motos, para conseguir una rigidez máxima y un peso reducido; además, sus piezas no van soldadas, sino pegadas como en la tecnología aeroespacial.

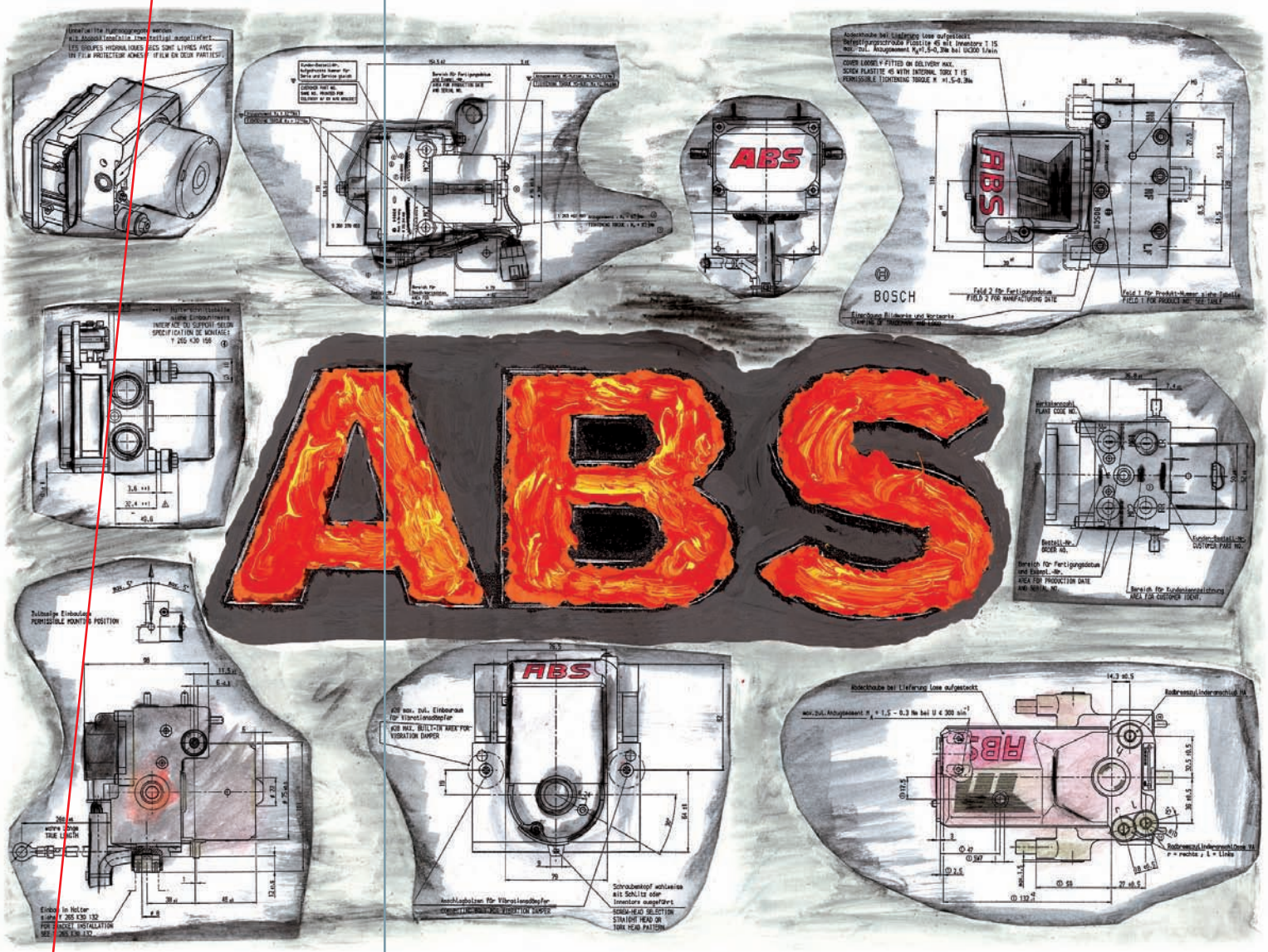
El vehículo no tiene los habituales contadores de velocidad, revoluciones, etc. Lleva en su lugar una pequeña pantalla de ordenador que va dando las variables en cada momento. El sistema permite infinitas adaptaciones: sistemas GSM de telefonía, GPS de ubicación y guiado por satélite, programas para repartidores y flotas de vehículos, conexión a Internet. [...]

Sobre seguridad, el sistema del cinturón es distinto a lo que conocemos. El primer punto de anclaje se encuentra en el suelo del vehículo, como en los coches tradicionales. Pero el segundo punto de anclaje, en vez de encontrarse en el lateral del vehículo, también está cogido del suelo, lo cual evita en caso de deformación que el cuerpo del conductor o acompañante se vea arrastrado por las chapas.

El sistema eléctrico del vehículo es también revolucionario. MDI compró una patente destinada a reducir el importante conjunto de cables eléctricos a uno sólo. El truco consiste en el uso de una pequeña emisora de radio cuya señal se recoge y trata por microcontroladores en cada dispositivo eléctrico del coche: faros, intermitentes, etc. El sistema permite ganar más de 20 kg de peso y hace más sencillo el mantenimiento. Así no es necesario hablar de llaves ni de alarmas. Basta con quitar la mini emisora (tamaño llavero pequeño). [...]

El coche MDI, en modo mono-energía tiene un consumo inferior a 1 euro a los 100 km (alrededor de 0,75 euro), según el uso del vehículo, es decir, unas 10 veces inferior que el de un coche de gasolina, lo que motiva que sea muy interesante para casi cualquier conductor, sea profesional o no. Al no existir combustión, no existe contaminación. Su autonomía, es alrededor del doble que el más avanzado coche eléctrico (de 200 a 300 km ó 8 h de circulación), lo que le permite optar al mercado urbano, donde el 80% de los conductores realizan menos de 60 km diarios. La recarga del coche se hará, una vez esté el mercado desarrollado, en gasolineras adaptadas para suministrar aire comprimido. En 2 ó 3 minutos y por un coste aproximado de 1,5 euros, el coche estará listo para hacer otros 200 km. Como importante alternativa el coche lleva incorporado un pequeño compresor que permite conectarlo a la red eléctrica (220 V ó 380 V) y cargar completamente el depósito en 3 ó 4 h. Debido a la ausencia de combustión y, consecuentemente, de residuos, el cambio de aceite (1 l de tipo vegetal) se realiza tan sólo cada 50000 km. La temperatura del aire limpio expulsado por el tubo de escape está entre 0 y −15 °C, lo que permite reutilizarlo para el aire acondicionado interior sin necesidad de gases ni pérdida de potencia. [...]

Angélique Sarcy
www.motordeaire.com
13/05/09



unidad 14

Sistemas de seguridad ABS, TRC y ESP

SUMARIO

- Sistema antibloqueo de frenos (ABS)
- Sistema de control de tracción (TRC)
- Sistema de control de estabilidad (ESP)

OBJETIVOS

- Entender el funcionamiento y la constitución del sistema antibloqueo de frenos (ABS).
- Conocer el sistema de control de tracción (TRC) y su función.
- Saber la composición y el funcionamiento de los sistemas de control de estabilidad (ESP).

1 >> El sistema antibloqueo de frenos (ABS)

Un sistema antibloqueo de frenos (ABS) es un sistema de frenado con gestión electrónica cuya principal característica es la de evitar el bloqueo de las ruedas durante la acción de frenado, consiguiendo mantener y corregir la trayectoria del vehículo en la propia frenada.

El sistema antibloqueo de frenos fue desarrollado por el grupo Bosch a principios de los años ochenta y se ha convertido en un sistema muy eficaz en las frenadas de emergencia.

Desde los primeros sistemas antibloqueo que se montaron en los vehículos en serie en los años ochenta hasta los sistemas antibloqueo actuales, se ha mejorado sustancialmente su rendimiento, e incluso ya incorporan sistemas auxiliares de tipo opcional como el control de estabilidad o el control de tracción de las ruedas motrices.

El sistema antibloqueo está integrado en el sistema de freno convencional manteniendo la independencia respecto del mismo, ya que actúa solamente en situaciones de peligro de bloqueo de las ruedas. Debido a esto, se considera que el ABS es un sistema de seguridad activa, que son los sistemas que intervienen en la seguridad para minimizar los posibles accidentes.

Otro aspecto muy importante del sistema antibloqueo de frenos es el uso que hacen de él otros sistemas del vehículo como el sistema de control de tracción (TRC), el sistema de control de estabilidad (ESP) o el sistema de transmisión Haldex.

En la siguiente tabla se puede observar claramente en tres generaciones la evolución que han seguido los sistemas antibloqueo de frenos desde su aparición en serie en los vehículos.

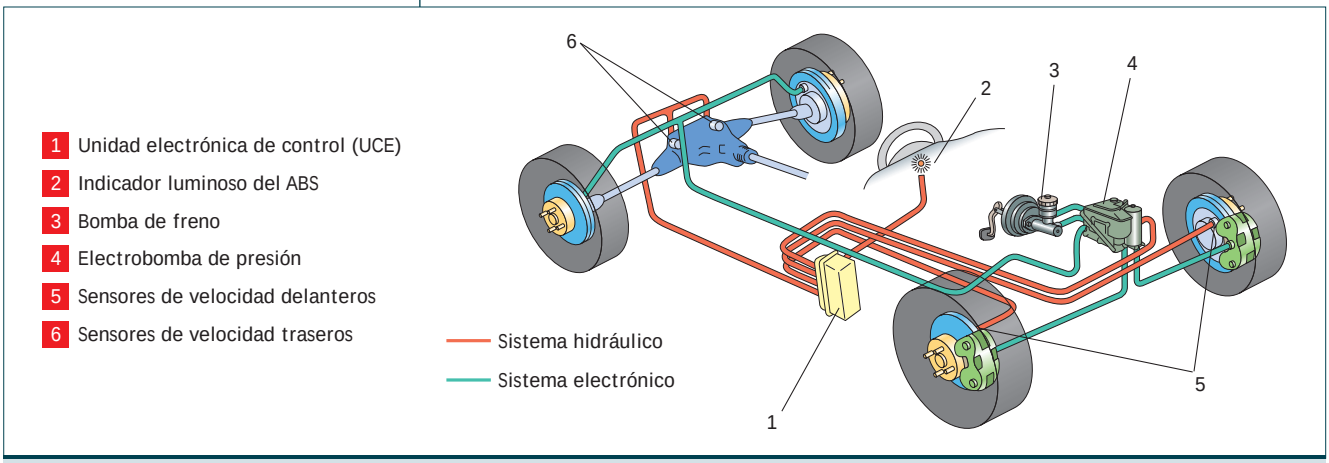
Siglas ABS

Las siglas ABS provienen de la expresión inglesa *Antilock Brake System*, que significa sistema antibloqueo de frenos.

Evolución de los sistemas antibloqueo de frenos			
Generación del sistema	1ª generación	2ª generación	3ª generación
Año de aparición	1980	1992	2001
Composición del sistema	- Tres válvulas hidráulicas - Ruedas traseras no independientes en la acción de frenada antibloqueo	- Cuatro electroválvulas en el grupo hidráulico - Ruedas traseras independientes en la acción de frenada antibloqueo	- Cuatro electroválvulas en el grupo hidráulico - Ruedas traseras independientes en la acción de frenada antibloqueo
Sistemas adicionales	No incorporaban ningún sistema adicional	Sistema de comprobación por diagnosis electrónico	- Control de estabilidad - Control de tracción - Ayuda a la frenada de emergencia - Repartidor electrónico de frenado

2 >> Constitución del sistema ABS

El sistema antibloqueo de frenos está formado por dos sistemas: el sistema electrónico de gestión (figura 14.1) y el sistema hidráulico de mando.



14.1 Elementos del sistema antibloqueo de frenos (ABS).

2.1 > Unidad de mando electrónica

La unidad de mando electrónica del sistema antibloqueo, junto con la unidad electrónica de control (UCE) que lleva incorporada, desempeña las siguientes funciones:

- Recibir las señales alternas de los sensores de las ruedas.
- Gestionar los diferentes sistemas que reúne el sistema antibloqueo como el control de tracción, el control de estabilidad, etc.
- Chequear y verificar el sistema antibloqueo, indicando con un testigo luminoso en el cuadro de instrumentos si existe alguna avería.
- Activar el sistema de frenado convencional en caso de avería, para poder desplazarse al taller de reparación más cercano.
- Almacenar las averías, para que posteriormente el técnico las detecte con la máquina de diagnosis y pueda guiarse durante la reparación del sistema.

La unidad electrónica de control (UCE)

La unidad electrónica de control del sistema antibloqueo (figura 14.2) es como el cerebro del sistema, ya que selecciona las órdenes que deben cumplir el resto de los componentes.

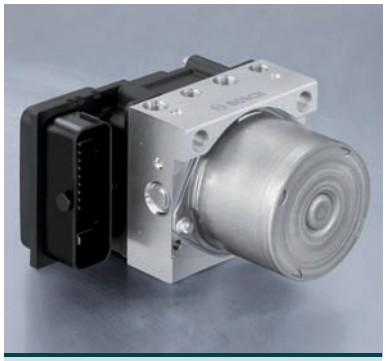
La unidad electrónica de control está compuesta por las siguientes unidades:

- **Unidad electrónica ROM,** que es la unidad que tiene almacenados los mapas característicos de control.
- **Unidad electrónica RAM,** que es la unidad donde se recibe la información procedente de los sensores del sistema.

Los mapas característicos pueden definirse como los campos predeterminados en la unidad de control para el correcto funcionamiento de todo el sistema ABS cada vez que se ponga en marcha.

Señales digitales

Las unidades electrónicas de mando modernas trabajan con señales totalmente digitales, conocidas como ondas cuadradas. Por lo tanto, cuando el sensor correspondiente no emita este tipo de señales eléctricas, deberá transformarlas.



14.2 Unidad electrónica de control (UCE) de última generación.

2.2 > Sensor de rueda

El sensor de rueda va instalado en el buje de la rueda y tiene la misión de informar a la unidad de control electrónica de la velocidad de cada una de las ruedas. De esta forma la unidad de control puede determinar si existe bloqueo.

Este sensor, de tipo inductivo, está formado por una bobina que, al pasar por una corona dentada llamada **rueda fónica,** produce una variación de corriente. Dicha rueda fónica va instalada en la transmisión, junto a la rueda del vehículo (figura 14.3). Se debe prestar especial atención a su estado, ya que está expuesta a golpes por proyecciones de elementos de la calzada y el mal estado de sus dientes podría producir un error en la lectura del sensor y, por lo tanto, una avería en el sistema ABS.

14.3 Sensor de rueda de tipo inductivo.

Sensores de rueda magnetorresistivos

Debido a los múltiples problemas que causan las ruedas fónicas, los fabricantes las están sustituyendo por bandas de tipo magnético multipolar, que van insertadas en la transmisión o en la pista interior del rodamiento de la rueda para aumentar la fiabilidad.

Estas bandas están formadas por pequeñas células magnéticas dispuestas una seguida de otra con polaridades alternas (+, −) formando un anillo.

En este caso la señal enviada será digital, también llamada señal cuadrada, con lo que la unidad de control no necesitará convertirla.

2.3 > Sistema hidráulico

El sistema hidráulico de un freno ABS consta de los siguientes elementos:

- **Cuatro electroválvulas de apertura o admisión.** Los sistemas antibloqueo modernos poseen una electroválvula por rueda del vehículo, mientras que los primeros montaban tres electroválvulas: dos para las ruedas delanteras y una para las ruedas traseras.
- **Cuatro electroválvulas de cierre o escape,** el mismo número que electroválvulas de apertura.
- **Dos acumuladores de baja presión** y otros **dos de alta presión.**
- **Una electrobomba de presión** (figura 14.4).

P Práctica 14

14.4 Electrobomba de presión del sistema ABS.

Técnica

Comprobación del sensor de rueda de tipo inductivo

•• Para comprobar el estado de un sensor de rueda inductivo debemos seguir los siguientes pasos:

1. Comprobamos la resistencia y la continuidad con un polímetro, en la opción de ohmímetro, utilizando la escala adecuada de medición.
2. Comprobamos visualmente si los conectores eléctricos están sucios, oxidados o defectuosos y si los cables se encuentran bien fijados.
3. Realizamos una prueba dinámica: observamos los parámetros de la máquina de diagnosis para comprobar que existen mediciones en los sensores de las cuatro ruedas y que estos valores son parejos.

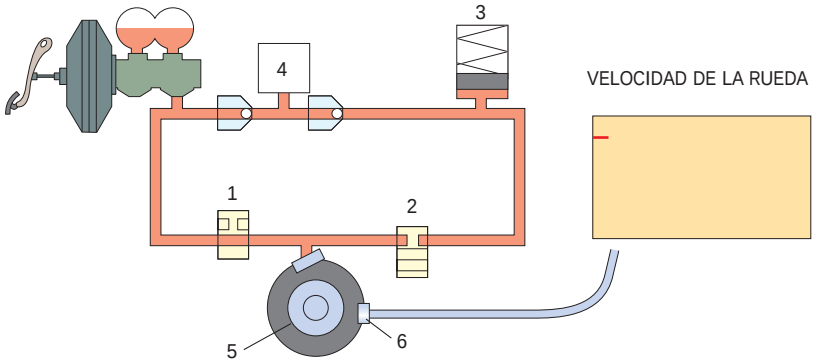
3 >> Funcionamiento del sistema ABS

El funcionamiento del sistema hidráulico de un sistema antibloqueo consta de cuatro fases bien diferenciadas.

3.1 > Primera fase: sin acción de frenada

Durante esta fase de funcionamiento, el conductor no realiza ninguna acción de frenada sobre el vehículo, por lo tanto la electroválvula de entrada se encuentra abierta y la electroválvula de salida permanecerá cerrada. De esta forma, en caso de una frenada considerada normal, el sistema de frenos funcionaría con la bomba convencional (figura 14.5).

1. Electroválvula de entrada
2. Electroválvula de salida
3. Acumulador de baja presión
4. Electrobomba de presión
5. Rueda
6. Sensor de velocidad



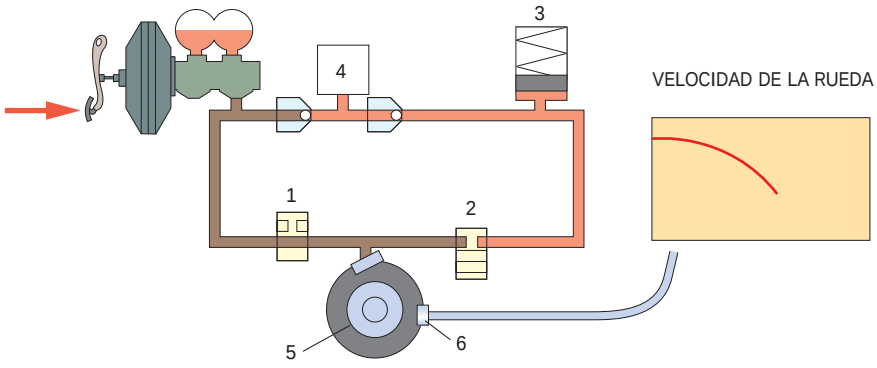
14.5 Primera fase de funcionamiento del sistema ABS: sin acción de frenada.

3.2 > Segunda fase: frenada sin bloqueo de ruedas

Durante esta fase, para detener el vehículo el conductor ha pisado el pedal de freno, donde el sistema ABS dispone de un interruptor que informa a la unidad de control electrónica de la decisión de frenar el vehículo.

Gracias a los sensores de las ruedas, la unidad de control detecta la desaceleración provocada en las ruedas y, dado que estas no han llegado a bloquearse, no hace actuar al sistema antibloqueo. De esta forma el vehículo frenará con el sistema de frenos convencional, ya que la electroválvula de entrada permanece abierta y la de salida cerrada (figura 14.6).

1. Electroválvula de entrada
2. Electroválvula de salida
3. Acumulador de baja presión
4. Electrobomba de presión
5. Rueda
6. Sensor de velocidad

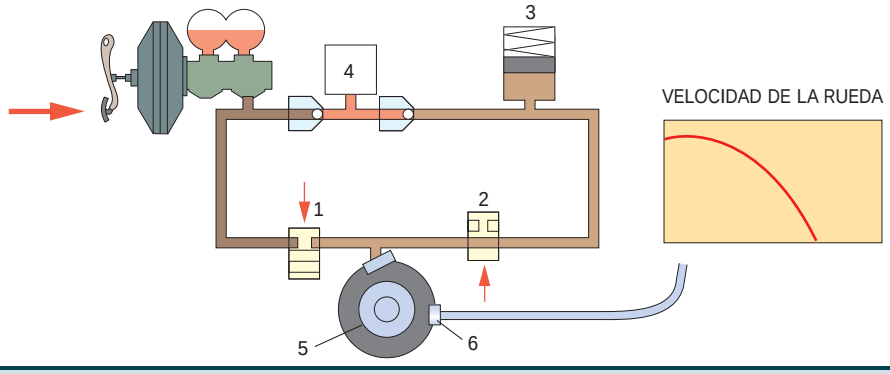


14.6 Segunda fase de funcionamiento del sistema ABS: frenada sin bloqueo de ruedas.

3.3 > Tercera fase: bloqueo de ruedas

Si una rueda tiende a ser bloqueada por la acción de frenada, la presión de frenado no se debe mantener, ya que seguiría el bloqueo.

Para disminuir la presión de frenado se cierra la electroválvula de entrada y se abre la de salida de la rueda afectada. De esta forma, el líquido a presión se libera hacia el acumulador, reduciéndose la frenada y desbloqueándose la rueda (figura 14.7).



1 Electroválvula de entrada
2 Electroválvula de salida
3 Acumulador de baja presión
4 Electrobomba de presión
5 Rueda
6 Sensor de velocidad

14.7 Tercera fase de funcionamiento del sistema ABS: bloqueo de ruedas.

3.4 > Cuarta fase: degradación de la presión

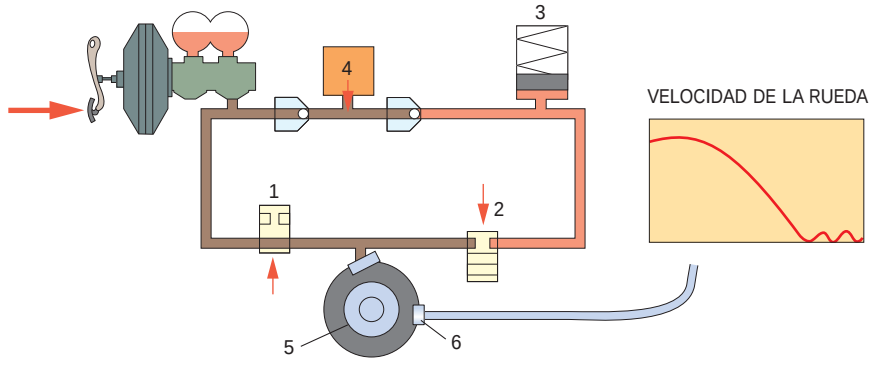
Al disminuir la presión, ha disminuido la frenada y la rueda ha dejado de estar bloqueada. Pero el conductor ha realizado una frenada brusca o de emergencia, lo que obliga a los frenos a seguir actuando con intensidad.

Para volver a aumentar la presión, la unidad de control electrónica cierra la electroválvula de salida, abre la electroválvula de entrada y conecta la electrobomba de presión, lo que produce un aumento de la presión hidráulica y un consiguiente aumento de la frenada en la rueda hasta el nivel inicial (figura 14.8).

Este aumento de la frenada podría volver a provocar el bloqueo de la rueda, en cuyo caso se volvería a la tercera fase. Esta sucesión de las fases tercera y cuarta produce el golpeteo característico de los frenos ABS.

Golpeteos en la frenada

En los últimos sistemas ABS, la inserción de un acumulador de presión en el circuito hidráulico de frenos hace que se absorban las fluctuaciones rápidas creadas por la apertura y el cierre de las diferentes electroválvulas, disminuyendo de esta forma la intensidad de los golpeteos característicos de estos sistemas.



1 Electroválvula de entrada
2 Electroválvula de salida
3 Acumulador de baja presión
4 Electrobomba de presión
5 Rueda
6 Sensor de velocidad

14.8 Cuarta fase de funcionamiento del sistema ABS: degradación de la presión.

Técnica

Purgado del circuito hidráulico de un sistema ABS

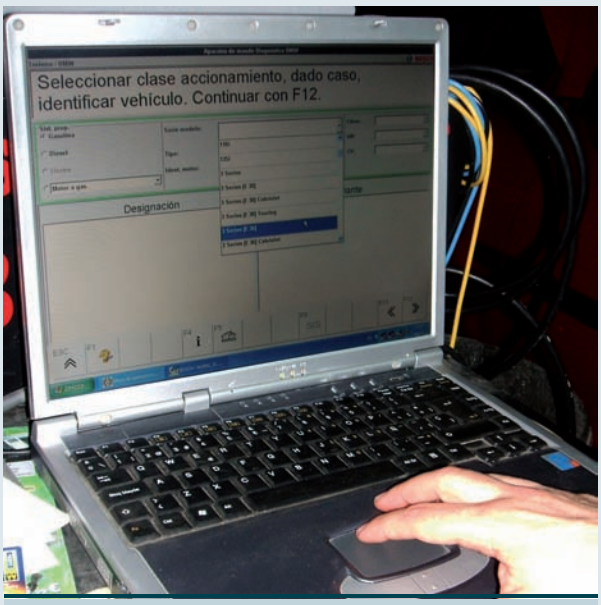
•• El purgado del circuito hidráulico de un vehículo que dispone de sistema ABS se realiza de una forma diferente al de un sistema de frenos convencional, ya que es necesaria una máquina de diagnosis.

Además, el grupo hidráulico puede incorporar uno o dos purgadores para facilitar el proceso en caso de realizar una sustitución completa de este grupo, con lo cual deberemos actuar con una llave de racor mientras se le confirma a la unidad de control electrónica, a través de la máquina de diagnosis, la realización de la purga del circuito, para que active las electroválvulas y para ayudar así a la salida del aire existente en el interior.

Para realizar el purgado seguiremos los siguientes pasos:

1. Calzamos adecuadamente el vehículo en el elevador, comprobando mediante pequeños zarandeos la estabilidad del mismo.
2. Elevamos el vehículo a la altura adecuada para evitar trabajar en malas posiciones de trabajo que puedan dañarnos la espalda.
3. Quitamos el tapón del depósito de frenos; vaciamos el antiguo líquido de frenos del sistema con una máquina de succión y, a continuación, rellenamos el depósito hasta arriba con el nuevo líquido de frenos.
4. Quitamos el tapón del purgador del freno situado en las pinzas o en los bombines, e instalamos un tubo transparente que dirigiremos a un recipiente (figura 14.9).
5. Entramos en el programa de la máquina de diagnosis para establecer comunicación con la unidad de control electrónica del sistema ABS.
6. Accedemos al apartado de «chasis» y, seguidamente, al de «sistema de frenos antibloqueo» (figura 14.10).
7. Activamos las electroválvulas del sistema ABS de la máquina de diagnosis. Se escuchará un ruido de funcionamiento característico procedente del grupo hidráulico.
8. Abrimos el purgador de frenos y observamos por el tubo transparente las burbujas de aire.
9. Para poder purgar cada rueda deberemos activar la electroválvula correspondiente y actuar en el purgador de la rueda activada.
10. De igual forma que el purgado de frenos convencional, deberemos observar el nivel de líquido de forma constante, ya que si nos quedáramos sin líquido de frenos volvería a entrar aire al circuito hidráulico.

14.9 Quitando el tapón del purgador.



14.10 Acceso a la máquina de diagnosis.

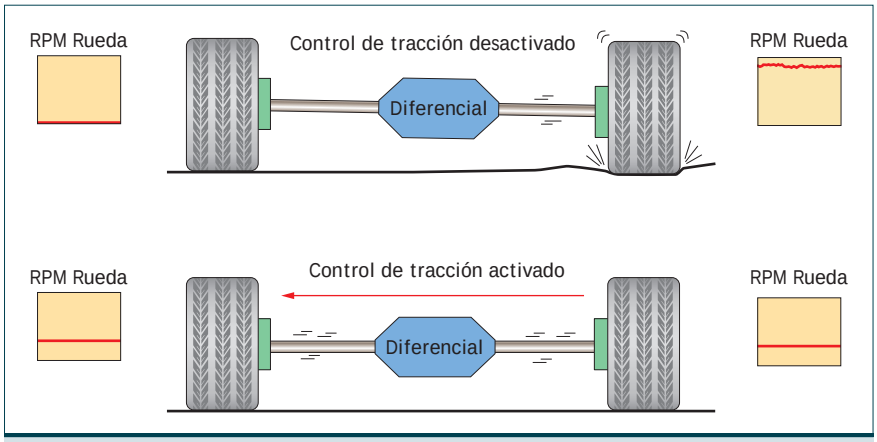
4 >> Sistema de control de tracción (TRC)

El sistema de control de tracción (TRC) (figura 14.12) va integrado en la unidad de mando electrónica y detecta, a través de los sensores de las ruedas, las diferencias de revoluciones entre dos ruedas del mismo eje de tracción.

4.1 > Funcionamiento del sistema TRC

El funcionamiento del sistema de control de tracción tiene dos modalidades:

- **Actuar sobre el sistema de inyección** variando los parámetros y regulando, de esa forma, el par de potencia entregado por el motor.
- **Bloquear la rueda acelerada** mediante el sistema de frenado. La unidad de control del sistema ABS detecta la pérdida de tracción en una de las ruedas motrices por la diferencia de velocidad entre ellas, y es entonces cuando envía presión de frenos a la rueda acelerada para detenerla y que el diferencial mande más tracción a la otra rueda (figura 14.11).



14.11 Funcionamiento del control de tracción (TRC).

4.2 > Características funcionales del sistema TRC

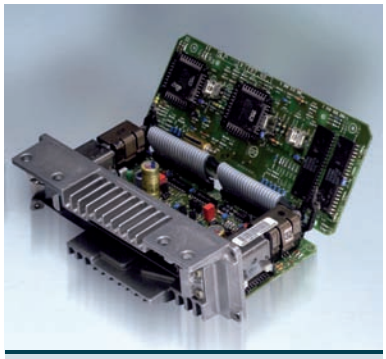
Las características funcionales del sistema de control de tracción indican en qué circunstancias de funcionamiento puede activarse o desactivarse:

1. Se desactiva cuando el vehículo sobrepasa una velocidad prefijada que ronda los 70 km/h.
2. Se activa si las ruedas motrices de un mismo eje de tracción presentan diferencias de velocidades superiores a 8 km/h.
3. En los vehículos con tracción total a las cuatro ruedas, se activa si existen diferencias de velocidad entre el eje delantero y el eje trasero.

Para afrontar las diferencias de velocidad entre ejes, existe una adaptación del sistema de control de tracción, llamada MSR, cuyo principio de funcionamiento se basa en las reducciones de frenada que realiza el conductor con la caja de cambios de forma muy brusca. Existe en estos casos el riesgo de tender a un pequeño bloqueo de las ruedas motrices por la acción del freno motor y de provocar ciertas inestabilidades en la marcha del vehículo. Esta adaptación actúa sobre el sistema de inyección para lograr un aumento del par de potencia que alivie este inconveniente.

Uso de las dos modalidades de control del sistema TRC

Hay que reseñar que los dos tipos de funciones de control de tracción pueden trabajar de forma conjunta. Además, el sistema de control de tracción presenta un interruptor de activación en el salpicadero.



14.12 Sistema de control de tracción (TRC).

5 >> Sistema de control de estabilidad (ESP)

El sistema de control de estabilidad (ESP) es una adaptación que utiliza la gestión electrónica del sistema ABS para controlar el vehículo en situaciones de pérdida de estabilidad.

El sistema de estabilidad es un sistema de seguridad activa del vehículo.

5.1 > Principio de funcionamiento del sistema ESP

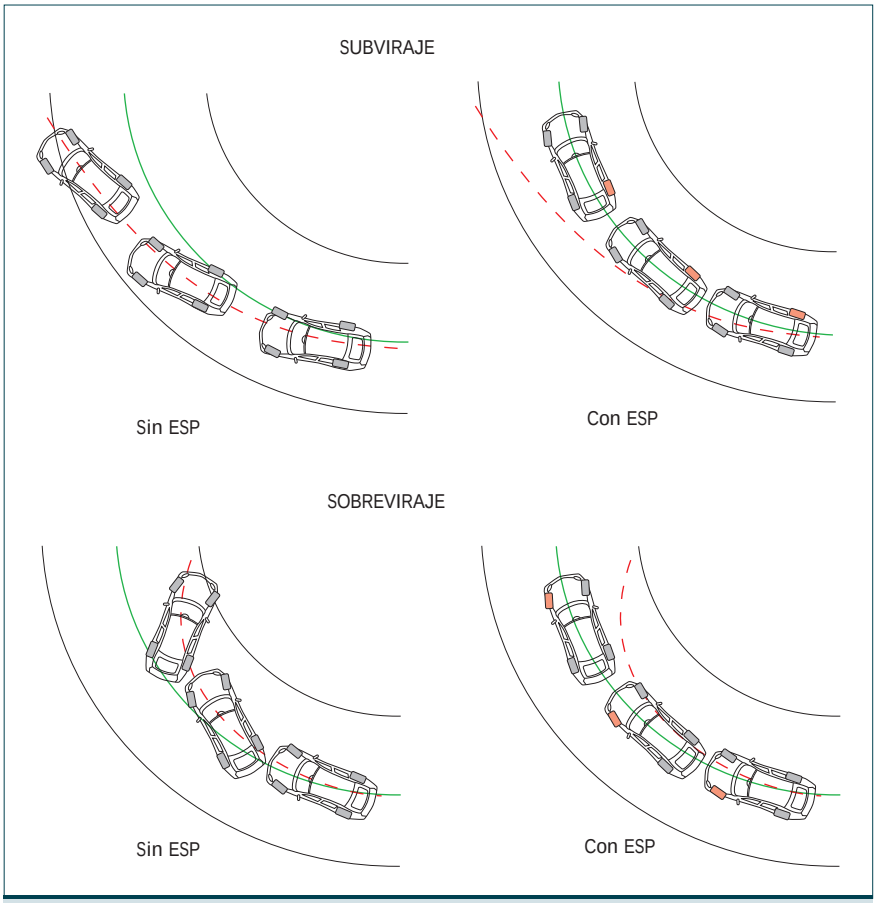
El principio de funcionamiento del sistema de control de estabilidad se basa en el frenado de las ruedas de forma selectiva en función del comportamiento de derrape del vehículo.

El derrape de un vehículo puede ser de dos tipos (figura 14.13):

- **Subviraje:** es la acción en la que el vehículo describe una trayectoria más abierta de la que el conductor desea (pérdida del eje delantero). En este caso, el sistema ESP procede a frenar apropiadamente la rueda trasera interior para corregir la trayectoria.
- **Sobreviraje:** es la acción en la que el vehículo describe una trayectoria más cerrada de la que el conductor desea (pérdida del eje trasero). En este caso, el sistema ESP procede a frenar apropiadamente la rueda delantera exterior para corregir la trayectoria.

Vehículo con 5 estrellas

Uno de los requisitos para que un vehículo obtenga 5 estrellas en el Euro NCAP (Programa europeo de evaluación de automóviles nuevos) es el montaje de un sistema de control de estabilidad.



14.13 Funcionamiento del sistema de control de estabilidad (ESP).

5.2 > Constitución del sistema ESP

Además de los elementos del sistema ABS, el sistema de estabilidad consta de las siguientes partes:

- Sensor de presión del circuito hidráulico
- Sensor de recorrido del pedal de frenado
- Sensor de aceleración
- Sensor del ángulo de dirección
- Testigo del sistema de control de estabilidad

Mediante estos sensores y los del sistema ABS, la unidad de control electrónica recibe todas las señales necesarias para hacer funcionar correctamente el sistema de control de estabilidad.

14.14 Botón de desconexión del sistema ESP en el cuadro de mandos del vehículo.

5.3 > Funcionamiento del sistema ESP

El funcionamiento del sistema de control de estabilidad depende del comportamiento del conductor sobre el volante y los pedales del vehículo. Este sistema se encarga de mandar la presión necesaria a los diferentes frenos para corregir el desvío generado en el vehículo, que provoca el descontrol de la marcha.

El sistema basa su funcionamiento en captar mediante los diversos sensores la velocidad de las ruedas, su pérdida de adherencia, el movimiento del vehículo en sentido longitudinal y transversal a la carrocería y las intenciones del conductor indicadas a través de sus movimientos de volante y de su accionamiento del freno.

Factores dinámicos utilizados por el ESP

Se denomina factor dinámico a todas aquellas fuerzas aplicadas sobre el vehículo durante la marcha.

El sistema de control de estabilidad utiliza los siguientes parámetros en su funcionamiento:

- **Aceleración transversal:** también denominada fuerza centrífuga, se define como la fuerza aplicada en la toma de una curva hacia el exterior. Este factor aumenta cuanto mayores sean la velocidad en la curva y la masa del vehículo.
- **Momento de derrape:** es la suma de las fuerzas centrífugas aplicadas a cada una de las ruedas en el momento de giro. También se denomina aceleración transversal total soportada por el vehículo.
- **Radio de giro del vehículo:** es el radio de la circunferencia que traza la rueda trasera interior al girar. Cuanto mayor sea este radio de giro mayor será la estabilidad en la toma de una curva.

Giro de las ruedas traseras

En la actualidad existen fabricantes de vehículos que dotan a las ruedas traseras de un pequeño radio de giro, lo que aumenta la estabilidad en la entrada de las curvas, reduciendo así el riesgo de subviraje y sobreviraje.

>> Actividades propuestas

1·· ¿Cómo resuelve el sistema de control de estabilidad una situación de sobreviraje? ¿Y una situación de subviraje?

2·· ¿Cuáles son los factores dinámicos que utiliza el sistema de control de estabilidad?

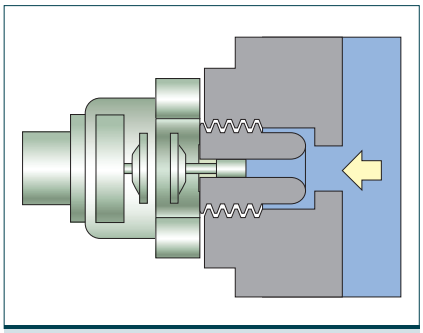
5.4 > Sensores del sistema ESP

Sensor de presión del circuito hidráulico

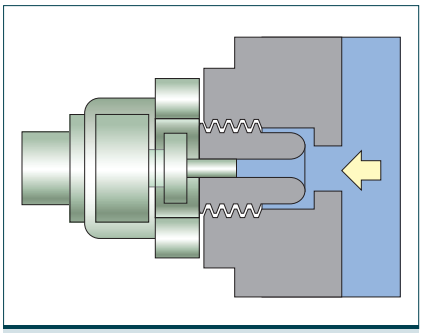
Este sensor tiene como objetivo informar de forma instantánea a la unidad de control electrónica de la presión que genera la electrobomba que proporciona presión hidráulica en la activación del sistema ABS.

Estos sensores de presión son de dos tipos:

- **Sensor de presión de tipo capacitativo:** consta de dos placas de distinta polaridad, una de ellas móvil (figura 14.15). La presión hidráulica incide sobre la placa móvil juntándola más o menos a la otra, lo que produce una variación de corriente entre las placas que es enviada como señal eléctrica a la unidad de control para ser procesada.
- **Sensor de presión de tipo piezoeléctrico:** está formado por un sensor piezoeléctrico cuya resistencia interna variará en función de la presión que incida sobre el mismo (figura 14.16). Estos sensores son los más utilizados, ya que ofrecen mayor exactitud en la medición.



14.15 Sensor de presión capacitativo.

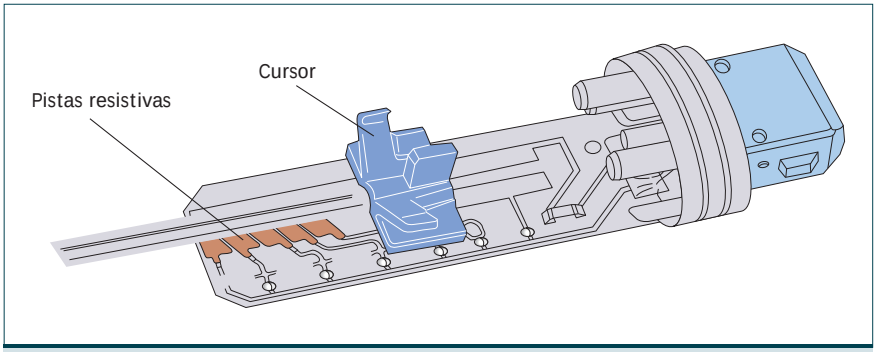


14.16 Sensor de presión piezoeléctrico.

Sensor de recorrido del pedal de freno

Este sensor es el encargado de medir el recorrido del pedal de freno para que la unidad de control electrónica determine el tipo de pisado que ha realizado el conductor.

Este sensor está constituido por dos pistas resistivas, una continua y otra progresiva formada por siete continuas. Estas pistas informarán de la situación del pedal de freno a través del cursor (figura 14.17).



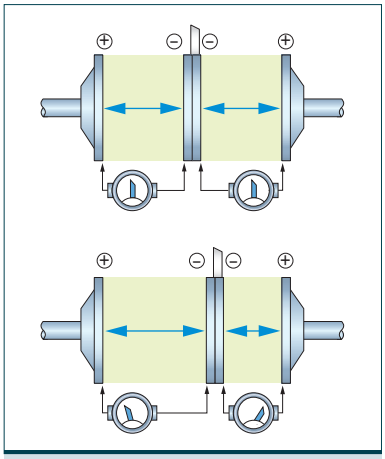
14.17 Sensor de recorrido del pedal de freno.

Sensor de aceleración

Este sensor capta los movimientos longitudinales y transversales producidos en el vehículo, lo que ayuda a definir las frenadas selectivas sobre las ruedas en función del sentido de las aceleraciones medidas.

El sensor de aceleración transversal está formado por un resorte en forma de cinta fijada por uno de sus extremos. En el extremo libre se encuentra un imán de tipo permanente, donde se coloca el sensor de tipo Hall.

Al estar el conjunto resorte-imán unido a un resorte elástico, cuando se expone a una aceleración, se mueve provocando el desplazamiento en el sensor de tipo Hall, creando de esta forma un flujo magnético que varía la tensión de salida, que es proporcional a la aceleración que sufre este sensor (figura 14.18).

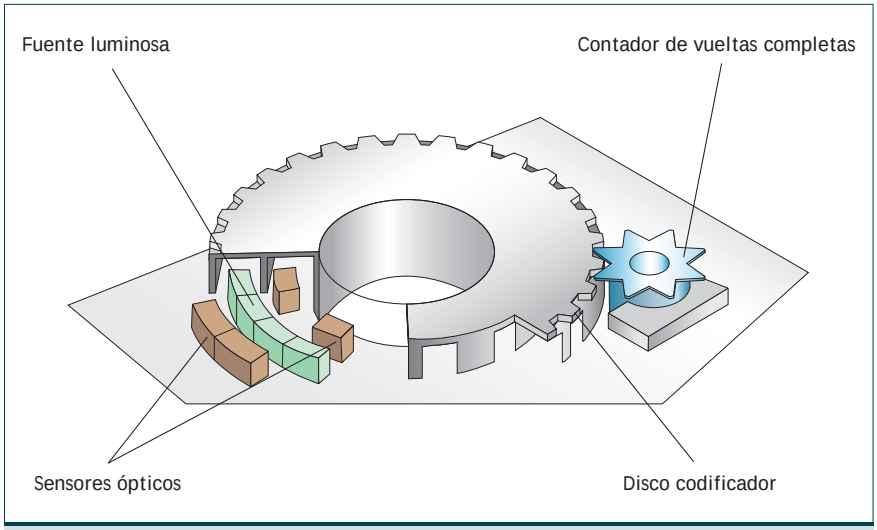


14.18 Funcionamiento del sensor de aceleración.

Sensor del ángulo de dirección

El objetivo de este sensor es captar la posición del volante. La medición se realiza en grados, entre −720 y 720°, repartidos aproximadamente en cuatro vueltas de volante.

Estos sensores se instalan en la columna de la dirección, justo detrás del volante, y están formados por un contador de vueltas, un disco decodificador, una fuente luminosa y unos sensores ópticos (figura 14.19).



14.19 Composición del sensor de ángulo de dirección.

Su principio de funcionamiento se basa en proyectar una fuente luminosa hacia un sensor óptico. Si la luz incide sobre dicho sensor, variará la resistencia interna del mismo, y si se obstruye, la fuente luminosa dejará de incidir. Si el obturador está lleno de ventanas abiertas y cerradas, al mover el volante de la dirección variarán las señales eléctricas enviadas a la unidad electrónica de mando.

También existen sensores de ángulo de giro de tipo magnetorresistivo, con el mismo principio de funcionamiento que los sensores de rueda anteriormente explicados.

6 >> Mantenimiento del sistema ABS

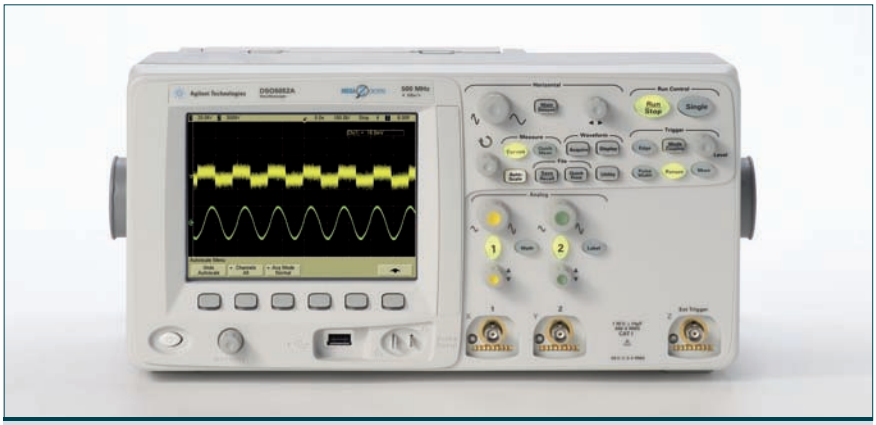
El mantenimiento de un sistema antibloqueo de frenos puede dividirse según las siguientes partes:

- **Elementos mecánicos,** como los elementos de fricción de los frenos, bomba, servofreno, etc. El mantenimiento de esta parte se realiza de la misma forma que en un sistema de frenos convencional, es decir, se sustituirán los elementos en mal estado o desgastados por la fricción.
- **El circuito hidráulico,** tanto el de los frenos convencionales y en el circuito integrado por el sistema de antibloqueo frenos.
- **Componentes eléctricos,** como los diversos sensores que integran el conjunto o como la unidad de control electrónica.

6.1 > Herramientas para el diagnóstico de averías eléctricas

Las herramientas que se utilizan para realizar un diagnóstico de averías eléctricas son las siguientes:

- **El polímetro,** con el que podremos medir resistencias, voltajes e intensidades de los diferentes sensores del sistema.
- **El osciloscopio,** con el que podremos observar las gráficas de resistencia, tensión e intensidad de los diferentes sensores (figura 14.20). Permite observar, por ejemplo, las señales alternas de un sensor de rueda inductivo.
- **La máquina de diagnosis,** con la que podremos observar los códigos de avería, proceder al borrado de los mismos y realizar lecturas de parámetros de llegada a la unidad de control electrónica.



14.20 Osciloscopio.

En caso de avería

Si ocurriese una avería, tanto del sistema antibloqueo de frenos como del sistema de control de estabilidad, por seguridad este último quedaría desactivado en la marcha del vehículo.

Técnica

Verificación con el polímetro en el mazo de cables de la unidad de control electrónica

•• Si debemos realizar las comprobaciones indicadas por el fabricante con el polímetro en el mazo, no se deberá comprobar con las puntas de dicho polímetro directamente en los pines del mazo de cables. Además, es recomendable la introducción de dos pequeños cables pelados por los extremos para no deteriorar los pines, ya que pueden causar falsos contactos con la unidad de control electrónica.

7 >> Frenos antibloqueo en frenos neumáticos

Los vehículos de tipo industrial están obligados en la actualidad a montar sistemas antibloqueo de frenos en todos los vehículos de fabricación nueva, aumentándose así la seguridad en la conducción.

Los vehículos industriales también integran sistemas complementarios al sistema antibloqueo de frenos, como el control de tracción, el control de estabilidad y el asistente a la frenada de emergencia.

La mayor diferencia entre un turismo y un vehículo industrial es que estos últimos sustituyen el circuito hidráulico de frenos por un circuito neumático (figura 14.21), con lo que el sistema ABS funciona de forma muy similar.

14.21 Sistema ABS neumático.

7.1 > Elementos que componen el sistema neumático

Válvula de regulación del ABS

En el sistema neumático se sustituyen las electroválvulas hidráulicas del sistema antibloqueo de frenos habitual por electroválvulas neumáticas que permiten el paso de aire a los émbolos de rueda y son activadas eléctricamente por la unidad de control.

Sensor de fuerza en la frenada

Informa a la unidad de control del recorrido experimentado en el pedal de freno por la frenada realizada por el conductor. Es similar al de los sistemas antibloqueo hidráulicos.

Modulador de freno para el eje trasero

Este modulador envía la presión neumática de los frenos al eje trasero en función de la carga de este y de las señales que recibe de la unidad de control electrónico.

Válvula de relé proporcional

Esta válvula está situada en el eje delantero del vehículo y es la encargada de regular la presión neumática que reciben las pinzas delanteras de freno, en función de las señales que recibe de la unidad de control electrónico.

Válvula de redundancia

Esta válvula limita la presión neumática que reciben todas las ruedas del vehículo, dejándola tarada a una presión fija de funcionamiento en caso de avería del sistema antibloqueo de frenos.

>> Actividades propuestas

3·· ¿En qué se diferencian, principalmente, los sistemas antibloqueo de frenos neumáticos de los de frenos hidráulicos?

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué misión tiene el sistema antibloqueo de frenos?

2·· ¿Cuáles son las fases de funcionamiento de un sistema antibloqueo de frenos?

3·· Explica el funcionamiento del sistema antibloqueo de frenos en la fase de bloqueo de la rueda.

4·· Explica la fase de funcionamiento de la degradación de la presión de los sistemas antibloqueo.

5·· ¿Qué misión tiene el sensor de rueda y dónde va alojado?

6·· En un sensor de rueda inductivo, ¿cómo se origina la señal alterna que informa a la unidad de control electrónico?

7·· ¿Cuál es la misión del sistema de control de estabilidad?

8·· ¿Cuáles son los sensores adicionales que posee un sistema de frenos antibloqueo al llevar sistema de control de estabilidad?

9·· ¿Qué señales se procesan en un sistema de control de estabilidad?

10·· ¿Cómo funciona un sistema de control de estabilidad?

11·· ¿Por qué elementos están constituidos y cómo funcionan los sensores de presión del circuito hidráulico?

12·· ¿Cuál es el objetivo del sensor del ángulo del volante? ¿Dónde se encuentra este sensor?

13·· ¿De qué elementos se compone el sensor del ángulo de la dirección del volante y cuál es su principio de funcionamiento?

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica sobre el vehículo los componentes que aparecen en las siguientes fotos e indica a qué sistemas pertenecen y su misión en dichos sistemas.

a)

b)

c)

Caso final

Calibración del sensor del ángulo de dirección del volante

•• Tras haber procedido a la sustitución de la unidad de mando electrónica del sistema antibloqueo de frenos (ABS), calibra el sensor de dirección del ángulo del volante de sistema ESP.

Solución ••

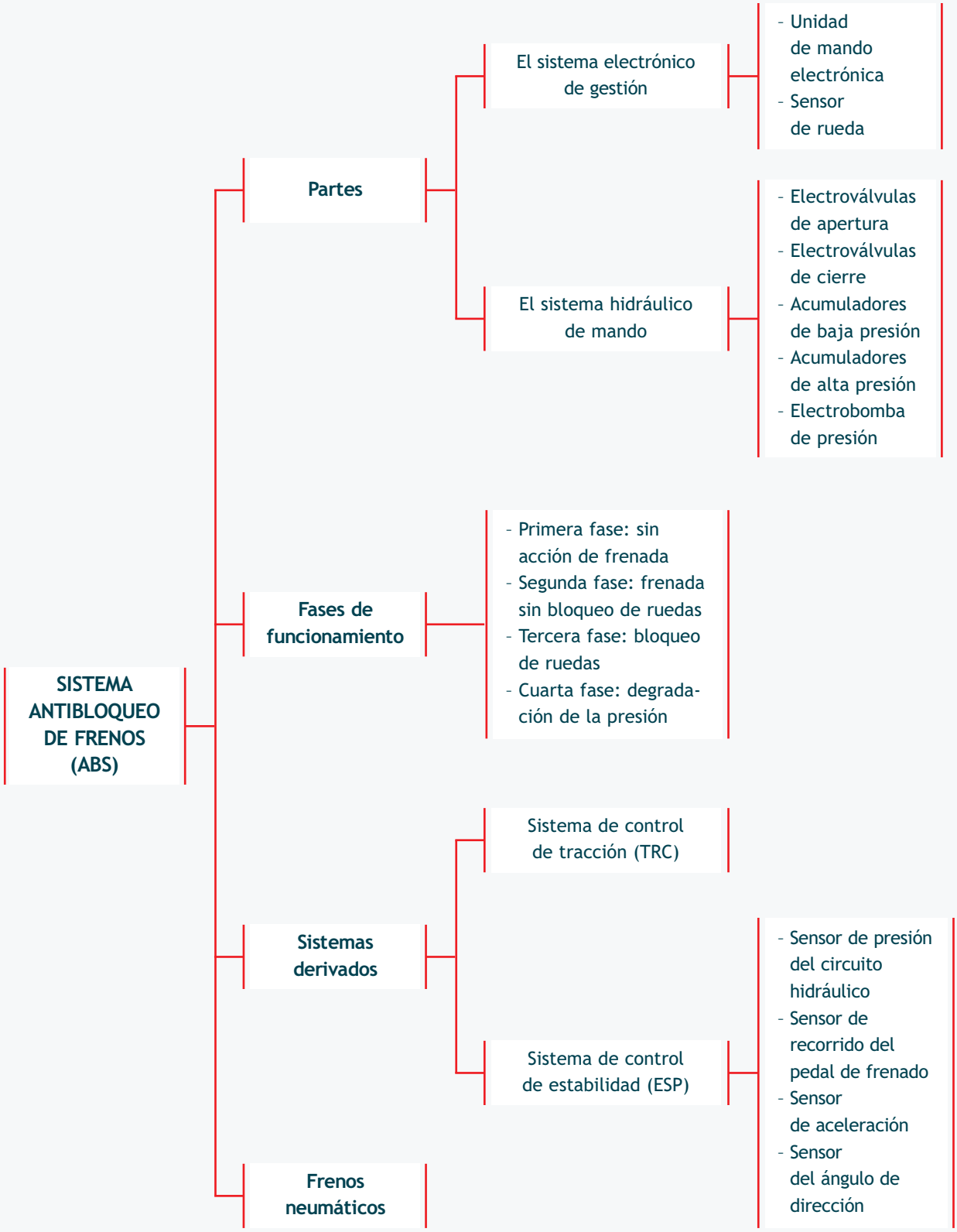
Para calibrar correctamente el sensor del ángulo del volante del sistema de control de estabilidad debemos seguir los siguientes pasos:

1. Buscamos en el vehículo el conector de diagnosis (OBD) para conectar la máquina de diagnosis (figura 14.22), giramos la llave de contacto del vehículo, ya que para comunicar con la máquina es necesario tener el contacto dado, y encendemos dicha máquina de diagnosis.
2. En la máquina de diagnosis seleccionamos el apartado «Chasis» y luego el punto «Sistema antibloqueo de frenos (ABS)». Este paso puede variar según la máquina de diagnosis.
3. Seleccionamos «Calibración del sensor del ángulo de dirección». Al entrar en este apartado observaremos que aunque movamos el volante no varía el ángulo de la dirección indicado.
4. Entramos en «Proceso de calibración». En este momento, la máquina de diagnosis pedirá que se mueva el volante de izquierda a derecha un par de veces y, a continuación, que se coloquen las ruedas rectas para reconocer el punto 0 y confirmar esta posición (figura 14.23).
5. Seguidamente, ciertas unidades de control pueden pedir una pequeña prueba dinámica (vehículo en movimiento) que realizaremos con la máquina de diagnosis conectada, para que la unidad de control electrónica reconozca el funcionamiento correcto de la calibración.
6. Al finalizar no debemos olvidarnos de borrar todas las averías almacenadas en la unidad de control electrónico con la máquina de diagnosis, ya que corremos el riesgo de que se encienda por esta causa el testigo de los frenos antibloqueo, quedando inutilizado dicho sistema.

14.22 Conexión de la máquina de diagnosis al OBD.

14.23 Colocación del volante recto.

Ideas clave


SISTEMA ANTIBLOQUEO DE FRENOS (ABS)
Partes
El sistema electrónico de gestión
- Unidad de mando electrónica
- Sensor de rueda
El sistema hidráulico de mando
- Electroválvulas de apertura
- Electroválvulas de cierre
- Acumuladores de baja presión
- Acumuladores de alta presión
- Electrobomba de presión
Fases de funcionamiento
- Primera fase: sin acción de frenada
- Segunda fase: frenada sin bloqueo de ruedas
- Tercera fase: bloqueo de ruedas
- Cuarta fase: degradación de la presión
Sistemas derivados
Sistema de control de tracción (TRC)
Sistema de control de estabilidad (ESP)
- Sensor de presión del circuito hidráulico
- Sensor de recorrido del pedal de frenado
- Sensor de aceleración
- Sensor del ángulo de dirección
Frenos neumáticos

El control de estabilidad, la asignatura pendiente

La generalización de los últimos sistemas de seguridad, tanto activa –sistemas que ayudan a evitar un accidente– como pasiva –minimizan las consecuencias de un choque–, es un proceso lento pero continuo, sobre todo hasta que se extiende a las gamas más bajas.

El ABS —sistema de antibloqueo de frenos—, por ejemplo, es ahora un equipamiento que ofrecen todos los coches de serie, incluso los utilitarios. Sin embargo, este proceso ha durado, desde la primera prueba de este sistema en un automóvil, cerca de 25 años.

Por esta razón, Bosch, compañía suministradora de componentes para el automóvil, ha firmado un acuerdo con la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (Anfac) y la Dirección General de Tráfico (DGT), con el fin de iniciar una campaña de concienciación sobre las ventajas que tiene el uso del control de estabilidad (ESP) —por sus siglas en inglés, *Electronic Stability Program*—.

400 muertos menos

El Instituto de Seguridad del Vehículo, dependiente de la Asociación Alemana de Empresas Aseguradoras (GDV), tras analizar con detalle 831 accidentes, descubrió que el 60% de los accidentes mortales fueron provocados por impactos laterales. El 30% o el 40% de todos los casos mortales se debió a que el vehículo derrapó por una velocidad excesiva, a reacciones bruscas o a errores en el manejo del vehículo. A la vista de ello, el mencionado Instituto recomendó el uso de sistemas «electrónicos» de seguridad como el programa electrónico de estabilidad (ESP), capaz de controlar el vehículo hasta en las situaciones más extremas.

Según los datos de este organismo, si todos los coches estuvieran equipados con el ESP, se evitarían más de 400 muertos al año en nuestro país. Asimismo, estudios realizados por distintas firmas automovilísticas, como Mercedes, marca que estrenó este sistema en la Clase E en 1995, señalan que el control de estabilidad reduciría en un 15% todos los accidentes mortales, en concreto todos aquellos que se produce cuando el coche se sale de la calzada. Esta campaña ha empezado hace varios días en Alemania, donde se han organizado jornadas con los concesionarios de Peugeot, a las que asistieron más de 700 vendedores.

Se ha apostado por los centros de distribución porque, según informes de Bosch, algunos concesionarios optaban por excluir esta opción en el equipamiento de serie, con el fin de «ajustar» el precio final del vehículo y asegurarse de esta manera la venta.

El precio del ESP ronda los 600 euros cuando se incluye como equipamiento de serie. En España, esta campaña comenzará en septiembre, también con concesionarios de Peugeot, aunque después se ampliará a los centros de distribución de Citroën y Seat.

Funcionamiento

El control de estabilidad es una útil herramienta para la conducción, desconocida en gran medida por los usuarios españoles. Es capaz de evitar que se produzca una pérdida de control del vehículo, actuando sobre el motor y selectivamente sobre los frenos. Básicamente, genera una fuerza contraria a la que tiende a sacar al coche de su trayectoria ideal. Para ello, una centralita electrónica, mediante una serie de sensores, es capaz de saber si el vehículo se sale de la trayectoria marcada por el volante.

Si el coche subvira, es decir, gira menos de lo que quiere el conductor, el sistema frena la rueda trasera interior a la curva. Si sobrevira, es decir, gira de más, retarda ligeramente la rueda delantera exterior. La principal ventaja del ESP es su capacidad para frenar una única rueda, una opción imposible de conseguir hasta por el conductor más experimentado.

Los ingenieros de Bosch, la compañía inventora del ESP, piensan que estos dispositivos y otros como el airbag han permitido reducir los accidentes de tráfico en más del 50% en los últimos 30 años.

Pese a su benefactora labor, el ESP se monta en casi el 50% de los vehículos nuevos que se matriculan en Alemania, mientras que en España apenas está presente en el 4% de los que se comercializan. Lo llevan instalado uno de cada dos en Alemania, uno de cada cuatro en Europa y uno de cada 20 en España. El automovilista español puede que se haya quedado anclado en el airbag y el ABS en materia de dispositivos de seguridad, desconociendo en qué consiste y cómo funciona el control de estabilidad.

J. López y J. Palacios
www.elmundo.es
4 de julio de 2003

unidad 15

Transmisión y frenado en vehículos de competición

SUMARIO

- Frenos cerámicos y de carbono
- Rodamientos y neumáticos de competición
- Cajas de cambios de competición

OBJETIVOS

- Conocer los sistemas de frenos cerámicos y de carbono utilizados en vehículos de competición.
- Familiarizarse con los rodamientos cerámicos.
- Conocer las cajas de cambios manuales en competición e identificar sus particularidades.

1 >> Frenos cerámicos

Los frenos cerámicos son, esencialmente, sistemas de frenos de disco convencionales con algunos elementos modificados (figura 15.1). La principal variación se encuentra en los discos de freno, que están fabricados con un compuesto cerámico que les confiere unas características especiales.

1.1 > La historia de los frenos cerámicos

En 1964 la marca automovilística Porsche introdujo en sus vehículos de competición los frenos denominados cerámicos. Dos años después, en 1969, los instaló en su popular turismo 911 como una opción en la compra de este deportivo. Se puede decir por tanto que Porsche es la impulsora de este sistema de frenado.

La mejora en los resultados de las frenadas y la durabilidad de este tipo de frenos hicieron que rápidamente otras marcas de competición, como Ferrari, introdujeran este sistema en sus vehículos de calle.

En la actualidad, todas las escuderías de la alta competición utilizan frenos cerámicos o frenos de carbono en sus vehículos. Además, en los vehículos de calle de más alta gama, ya desde hace años, existe la posibilidad de escoger frenos cerámicos como equipamiento opcional (figura 15.2).

15.1 Sistema de freno cerámico.

15.2 Vehículo de calle dotado de frenos cerámicos.

1.2 > Ventajas de los frenos cerámicos

Las principales ventajas de los frenos de disco cerámicos son las siguientes:

- Reducción de la distancia de frenado.
- Estabilidad en las frenadas.
- Alargamiento de la vida útil de los discos de freno, llegando casi a triplicar la de los discos de acero convencional, y a sobrepasar los 300 000 km de funcionamiento.
- Oxidación y corrosión inexistente.
- Ahorro en sistemas de ayuda a la frenada, dado que con poca fuerza que el conductor ejerza sobre el pedal de freno se realizan frenadas muy eficientes.

Calentando los frenos

Es común en las carreras automovilísticas, cuando se realiza la vuelta de reconocimiento justo antes de darse la salida o durante la aparición del vehículo *safty car,* ver a los pilotos realizar frenadas bruscas para situar o mantener los frenos cerámicos dentro del umbral de temperatura correcto para afrontar la carrera.

1.3 > Temperatura de trabajo de los frenos cerámicos

Para el correcto funcionamiento de los frenos cerámicos, los discos necesitan llegar a una temperatura superior a los 250 °C, ya que por debajo de ese umbral la eficacia de la frenada no es total. La temperatura de funcionamiento en vehículos de calle se encuentra entre 250 y 350 °C, mientras que en los vehículos de competición esta temperatura debe superar los 400 °C y situarse entre 400 y 450 °C (figura 15.3).

En el caso de los vehículos de calle con frenos cerámicos, al principio de la marcha el conductor nota un pedal más esponjoso, hasta que alcanza la temperatura de trabajo idónea.

15.3 Discos cerámicos de freno de un vehículo de competición al rojo vivo.

1.4 > Proceso de fabricación de un disco de freno cerámico

Los discos de freno cerámicos se fabrican aleando distintos tipos de materiales: acero con medio contenido de carbono (nunca superará el 0,50%) como material base, con cromo, níquel y magnesio.

Para conseguir el efecto cerámico en el conjunto se añaden partículas de nitruro de silicio. Este elemento proporciona al disco características como un gran coeficiente de resistencia, bajo nivel de dilatación y disminución del peso.

Además, con estos discos se consigue una reducción del peso de casi el 50%, lo que favorece, entre otras cosas, el comportamiento de la suspensión del vehículo al existir menos peso suspendido.

El coste de los discos de freno cerámicos es muy elevado debido a las siguientes razones:

- Empleo de materiales de construcción de elevado coste.
- Utilización de maquinaria cara y sofisticada en su fabricación.
- Construcción más laboriosa del disco.
- Escaso número de vehículos donde se instalan, lo que impide su fabricación en masa.

1.5 > Las pastillas de freno

Las pastillas de freno que se emplean en los frenos cerámicos son muy parecidas a las convencionales (figura 15.4). Se componen de una mezcla compactada de compuestos metálicos, como el cobre, que les confieren resistencia mecánica. En ocasiones, también incorporan pequeños porcentajes de grafito (por debajo del 0,5% del elemento de fricción), que aporta una mayor resistencia estructural al conjunto.

Este tipo de pastillas de freno son más grandes, ya que incorporan una placa cerámica en la parte posterior del elemento de fricción que disipa el calor que se genera y evita así que este llegue a los pistones de la pinza, lo que impide el deterioro rápido del líquido de frenos.

15.4 Pastillas de un freno cerámico.

1.6 > Las pinzas de freno

Al igual que en un sistema de frenos de disco convencional, la pinzas de los frenos cerámicos son las encargadas de presionar las pastillas contra el disco mediante los pistones hidráulicos que se alojan en su interior.

Suelen fabricarse con aluminio aleado con metales como el titanio, para aumentar su resistencia contra las vibraciones y las grandes tensiones que se producen en las acciones de frenada, además de reducir considerablemente su peso.

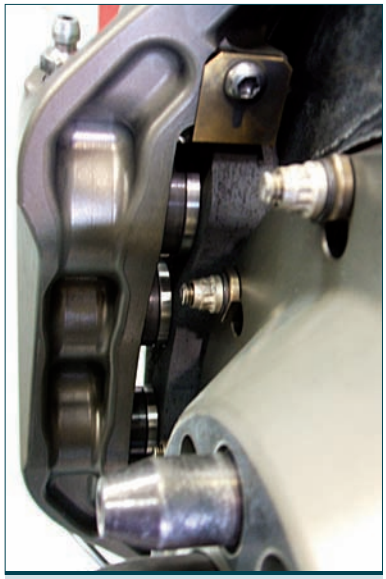
Utilización de varios pistones de accionamiento

Con la utilización de varios pistones de accionamiento en las pinzas de freno (figura 15.5), tanto de un sistema convencional como cerámico o de carbono, se obtienen los siguientes resultados:

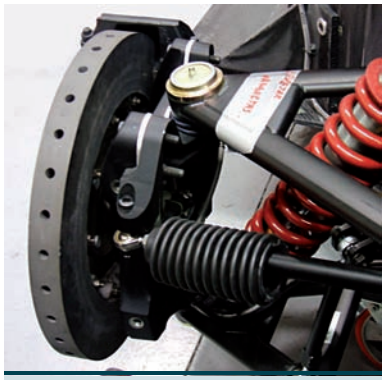
- **Reducción de la distancia de frenada,** ya que a más pistones más presión hidráulica de trabajo para la frenada. La bomba de freno estará algo sobredimensionada para alimentar debidamente de presión a los diferentes pistones.
- **Presión totalmente uniforme por ambas partes del disco de freno,** ya que no se utilizan pinzas flotantes, con lo cual el accionamiento mecánico pastilla-disco de fricción se realiza a la vez por ambas caras, sin perder los milisegundos que necesitan las pinzas flotantes para desplazarse y hacer que la otra pastilla actúe sobre el disco de freno.

Pinzas multipistón en turismos

En los vehículos de calle nos podemos encontrar pinzas multipistón en vehículos pesados como los todoterrenos o en vehículos de una potencia considerable.



15.5 Detalle de una pinza multipistón.



15.6 Disco de freno de carbono.

2 >> Frenos de carbono

Los frenos de carbono están formados básicamente por un sistema de frenos de disco convencional con la peculiaridad de que tanto las pastillas como el disco están fabricados con carbono, lo que reduce el peso del conjunto en torno al 50% respecto del convencional (figura 15.6).

Otra característica de este sistema de frenado es la superficie de fricción de las pastillas de freno, que es alrededor del doble que las convencionales, lo que tiene como consecuencia unas frenadas mucho más enérgicas.

La utilización de este tipo de frenos se concentra esencialmente en los aviones y en los vehículos de competición (figura 15.7).

15.7 Avión comercial al aterrizar utilizando los sistemas de freno de carbono.

2.1 > Temperatura de trabajo de los frenos de carbono

Las temperaturas de trabajo de este tipo de frenos de disco deben ser superiores a 400 °C, ya que por debajo de este valor su rendimiento decae considerablemente. De hecho, la temperatura de trabajo ideal se encuentra entre los 600 y los 750 °C.

En carrera, los frenos de carbono pueden llegar a temperaturas de trabajo superiores a los 1 000 °C, lo que genera ciertos inconvenientes en el sistema de frenado para los que deben estar preparados.

2.2 > Inconvenientes de los frenos de carbono

El mayor inconveniente de este tipo de frenos es el gran desgaste al que están expuestos. Los factores que contribuyen a este desgaste son:

- **El gran rozamiento,** debido a que tiene altos coeficientes de fricción y una superficie de fricción mayor que la de los frenos convencionales.
- **La oxidación,** debida al oxígeno ambiental y a las altas temperaturas de trabajo.

También hay que tener en cuenta el rendimiento menor de estos frenos en circuitos donde hace frío, llueve o el trazado del circuito no les permite alcanzar la temperatura de trabajo idónea.

Otro gran inconveniente de este tipo de frenos es su elevado precio.

Líquido de frenos especial

Tanto en los frenos cerámicos como en los frenos de carbono, se deben utilizar líquidos de frenos que resistan las mayores temperaturas de trabajo a las que están expuestos.

3 >> Características adicionales de los frenos

En los discos de los vehículos de competición se pueden observar agujeros perforados y ranuras de pequeña profundidad llamadas biseles.

3.1 > Discos perforados

Las características de estos discos permiten la disipación de la temperatura alcanzada, ya que el aire generado durante la marcha del vehículo fluye mejor por el interior del disco (figura 15.8).

Con este sistema se evitan alabeos del disco de freno que podrían producir vibraciones en la frenada y transmitirse al volante.

Este tipo de configuraciones de disco normalmente se encuentra tanto en discos de freno de acero convencionales, que no necesitan una temperatura de trabajo elevada, como en sistemas de frenos cerámicos o de carbono.

3.2 > Discos biselados

Los biseles que presentan este tipo de discos sirven para evacuar el subproducto creado por el desgaste de las pastillas de freno en la superficie de rozamiento de estos discos (figura 15.9).

De esta forma, este tipo de discos facilitan la limpieza de la superficie de contacto, mejorando ostensiblemente su capacidad de fricción con las pastillas de freno.

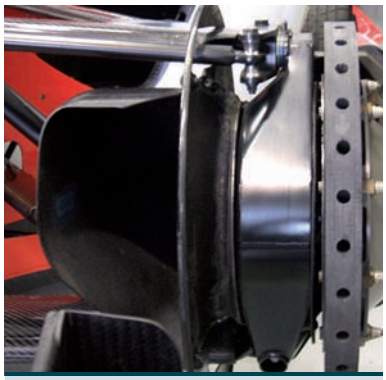
15.8 Disco de freno perforado.

15.9 Disco de freno biselado.

3.3 > Difusores

Un elemento que se utiliza cada vez más en los sistemas de frenado de los vehículos de competición son los difusores.

Estos difusores están fabricados en carbono y su misión fundamental es orientar el flujo de aire procedente de la marcha para refrigerar el sistema de frenado (figura 15.10).



15.10 Difusor de un freno de competición.

4 >> Rodamientos cerámicos en vehículos de competición

Los rodamientos cerámicos están fabricados con aleaciones de elementos cerámicos, salvo las bolas y las agujas, que son totalmente de acero.

4.1 > Ventajas de los rodamientos cerámicos

Este tipo de rodamientos se utiliza mucho en vehículos de media y alta competición (figura 15.11), dadas sus diversas prestaciones:

- Gran resistencia al desgaste.
- Menor rozamiento en la rodadura del vehículo.
- Reducción de entre un 20 y un 30% del peso del conjunto de rodamientos.
- Mejor disipación del calor producido por el rodamiento.
- Menor dilatación interna al trabajar a temperaturas elevadas, con lo que ofrece menor resistencia en estas situaciones.
- Mayor resistencia a la corrosión.

15.11 Rueda montada sobre rodamientos cerámicos.

4.2 > Proceso de fabricación de los rodamientos cerámicos

Los rodamientos cerámicos se fabrican aleando metales como el cromo, el níquel, el magnesio y el titanio, y tomando como metal base el acero con bajo contenido en carbono (menos del 0,15%).

Como elemento cerámico se utiliza el nitruro de silicio, que ofrece ventajas en las aleaciones de gran dureza como bajo peso y escasa dilatación térmica, además de que no se ve afectado por campos electromagnéticos.

Los lubricantes que utilizan los rodamientos cerámicos son un tipo de grasa sólida que ofrece al conjunto gran poder de lubricación incluso a elevadas temperaturas.

Entre los lubricantes sólidos más utilizados en los rodamientos cerámicos se encuentran el bisulfuro de molibdeno, la grasa de grafito y el politetrafueroetileno (PTFE).

5 >> Neumáticos utilizados en competición

Los neumáticos forman parte esencial del comportamiento del vehículo, tanto durante la tracción como en el momento de realizar frenadas.

5.1 > Tipos de neumáticos para competición

Los neumáticos utilizados en competiciones automovilísticas pueden clasificarse en neumáticos para pista seca y neumáticos para pista mojada.

Neumáticos para pista seca

Estos neumáticos ofrecen su máximo rendimiento con la pista seca, pero pierden buena parte de sus prestaciones en condiciones de lluvia. Se pueden clasificar en **neumáticos slicks** (lisos) y **neumáticos con acanaladuras.**

En condiciones secas, los neumáticos slicks (figura 15.12) ofrecen entre un 10 y un 12% más de adherencia que los acanalados, ya que presentan mayor superficie de contacto con el suelo.

Neumáticos para pista mojada

Estos neumáticos presentan unas acanaladuras especiales pensadas para evacuar el agua (figura 15.13). Además, el material que los forma está diseñado para las bajas temperaturas que se dan en las condiciones de lluvia. Sin embargo, su comportamiento en pista seca es muy deficiente.

15.12 Neumático slick.

15.13 Neumático para pista mojada.

5.2 > Compuestos utilizados en los neumáticos

Según los compuestos utilizados en los neumáticos, estos se clasifican en:

- **Neumáticos blandos:** están formados por materiales blandos que propician un gran agarre pero se desgastan a gran velocidad. Teóricamente, son ideales para circuitos donde exista gran número de curvas, ya que aseguran una mejor tracción y una mejor frenada.
- **Neumáticos intermedios:** poseen un nivel de adherencia y un desgaste inferior que los neumáticos blandos.
- **Neumáticos duros:** están fabricados con materiales duros, cuya característica más importante es su gran durabilidad, aunque presentan un nivel de adherencia inferior a los demás.

Aquaplaning

Se llama *aquaplaning* al fenómeno por el cual los neumáticos no son capaces de expulsar el agua de la calzada y flotan sobre la misma, perdiéndose así la tracción y la direccionabilidad del vehículo.

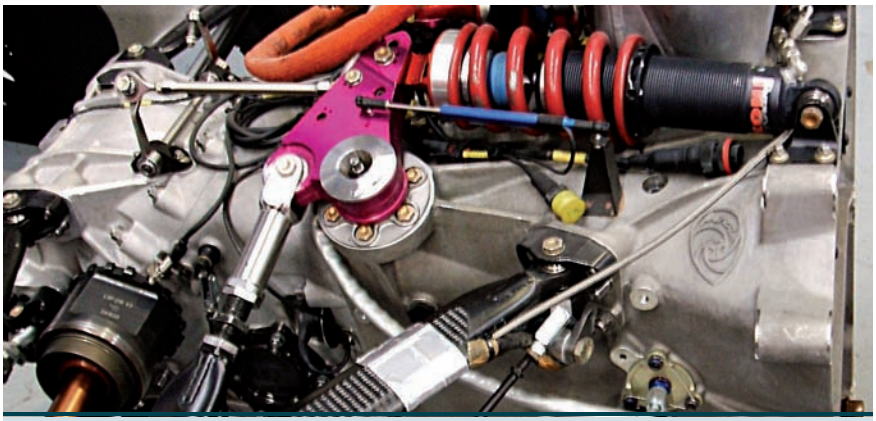
Hinchado de competición

En competición se utiliza nitrógeno para hinchar los neumáticos, ya que este gas presenta una mejor estabilidad ante cambios de temperatura en el interior del neumático, disminuyendo el riesgo de reventón.

6 >> Cajas de cambios de accionamiento manual en vehículos de competición

En los vehículos de competición se montan cajas de cambios de tipo manual, normalmente en vehículos de rallies, o cajas de cambios robotizadas, que son como las manuales pero accionadas electrónicamente (figura 15.14).

Las cajas de cambios manuales de competición son muy parecidas a las de los coches de calle. La principal diferencia es la utilización de piñones de dentado recto, ya que transmiten entre un 3 y un 5% más de par motor, aunque se aumente el ruido en el engranado de las velocidades y disminuya la fiabilidad. Para mejorar dicha fiabilidad se emplean aleaciones más robustas y se realizan procesos de cementación y temple en su fabricación, que confieren a los piñones una dureza extrema.



15.14 Caja de cambios de un vehículo de competición.

6.1 > El estudio del circuito para configurar las relaciones de transmisión

A la hora de obtener buenos resultados en la competición, es importante estudiar el circuito donde se va a realizar la carrera para determinar las relaciones de transmisión más adecuadas, y así conseguir el máximo rendimiento del vehículo.

Para llegar a la mejor configuración de las relaciones de cambio tendremos que tener en cuenta los siguientes factores:

1. **El relieve del circuito donde se va a realizar la prueba,** la pendiente media y la pendiente máxima.
2. **El número de curvas existentes en el circuito,** dado que buscaremos la aceleración en la salida de las mismas.
3. **El ángulo de entrada de cada una de las curvas,** ya que si son curvas cerradas habrá que reducir la velocidad de entrada, con lo que interesaría una relación intermedia algo corta para la fácil aceleración a la salida de la misma.
4. **La longitud de las diferentes rectas y el número de ellas,** ya que, dependiendo de la longitud de las rectas, se buscará la inserción de una última marcha con una relación de transmisión más larga que aporte una mayor velocidad punta.

V Vocabulario

Temple: proceso de endurecimiento del hierro en el que este se eleva a altas temperaturas y se enfría rápidamente.

Cementación: proceso de endurecimiento del acero que se basa en añadir mayor cantidad de carbono a dicho material.

7 >> Los encargados de las carreras

En una carrera de vehículos de alta competición es necesario que un gran equipo de personas haga que el evento salga adelante con las garantías de calidad y seguridad que imponen los distintos organismos organizadores, principalmente la Federación Internacional de Automovilismo (FIA).

7.1 > El comisario técnico

El comisario técnico de carrera tiene la obligación de cumplir y hacer cumplir el reglamento de la carrera.

Entre las revisiones más importantes que debe hacer un comisario técnico se encuentran las siguientes:

- Comprobar que no se cometan infracciones técnicas reflejadas en el reglamento de la FIA.
- Comprobar que los vehículos participantes cumplan todas las medidas de seguridad exigidas para la participación en la competición.
- Informar a la organización de la carrera, en cuanto se le exija, de cualquier situación o acontecimiento que haya ocurrido durante el transcurso de la competición.

Al final de las carreras, también son los encargados de realizar las verificaciones a los vehículos participantes. Los vehículos que se verifican suelen ser los que han ocupado los tres primeros puestos o el primero y dos escogidos al azar.

El comisario técnico debe estar federado y poseer el carnet que acredita que está habilitado para realizar ese tipo de funciones. El carnet se renueva anualmente.

7.2 > Otras figuras presentes en una carrera

Para la realización segura de una carrera automovilística no solo existe la imagen del comisario técnico, sino que detrás de todo el evento hay mucha más gente trabajando. Otras figuras que podemos destacar en la organización de estos eventos son las siguientes:

- **Comisarios deportivos:** son los encargados de verificar las acciones de los pilotos durante la carrera para determinar las posibles sanciones que pueden imponerse a pilotos o escuderías por incumplimiento del reglamento en este aspecto.
- **Director de carrera:** es el encargado máximo de todo lo que ocurre durante la carrera, llegando incluso a tener responsabilidades penales por lo ocurrido en dicho evento.
- **Cronometradores:** tienen la misión de cronometrar el tiempo de los diferentes participantes y de decidir el ganador de la carrera en caso de que se dé un final ajustado.
- **Responsables de tramo:** se encargan de la seguridad, el estado y la conservación de los diferentes tramos del circuito donde se va a celebrar la carrera.

Banderas utilizadas en las carreras de la FIA

Bandera	Significado
	Fin de la carrera
	Precaución. No se puede adelantar
	Pista resbaladiza
	Presencia del vehículo de seguridad en pista
	Fin del peligro. Se reestablece la normalidad
	Parada inmediata de la carrera
	Se debe facilitar el adelantamiento
	Amonestación al piloto
	Expulsión del piloto
	El monoplaza presenta una avería que no ha detectado el piloto

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuáles son las temperaturas de trabajo idóneas para los frenos cerámicos?

2·· ¿Cuál es el proceso de fabricación de un disco cerámico?

3·· ¿Cuáles son las ventajas de los frenos cerámicos respecto de los frenos convencionales?

4·· ¿De qué están compuestas las pastillas de freno de un conjunto de frenos cerámicos?

5·· ¿Cuáles son las principales causas del elevado coste de los sistemas de frenado cerámico?

6·· ¿Cuáles son las temperaturas de trabajo ideales para los frenos de carbono?

7·· ¿Cuáles son los inconvenientes de los frenos de carbono?

8·· ¿Qué objetivo tiene utilizar pinzas de varios pistones de accionamiento en los sistemas de freno?

9·· ¿Con qué elemento se suelen inflar los neumáticos de competición? Razona tu respuesta.

10·· ¿Cuáles son las ventajas de la utilización de los rodamientos cerámicos respecto a los convencionales?

11·· ¿Cuáles son los lubricantes sólidos más usuales utilizados en los rodamientos cerámicos?

12·· Indica cuáles son las funciones de un comisario técnico de carrera.

.: APLICACIÓN :.

1·· Busca en Internet más información sobre la preparación de un vehículo para la competición, por ejemplo referente a frenos, transmisión, motores o temas aerodinámicos. Haz una recopilación de la información que encuentres y expónsela a tus compañeros de clase. La exposición debe durar entre 25 y 30 minutos, para poder explicar a tus compañeros diferentes temas relacionados con la preparación de un vehículo para la competición.

2·· Busca en Internet las posibles aplicaciones que tiene la fibra de carbono en el mundo de la competición, tanto en automóviles como en motocicletas, y realiza un cuadro por categorías, es decir, en el sistema de frenado, en la fabricación de la carrocería, etc.

✱ Caso final

Sustitución del líquido de frenos en un vehículo de competición

•• Es muy importante mantener el sistema de frenado de los vehículos de competición en muy buenas condiciones, mejores incluso que en los vehículos de calle. Por ello, es fundamental el mantenimiento del fluido hidráulico en perfecto estado. Realiza la sustitución del líquido de frenos de un vehículo de competición.

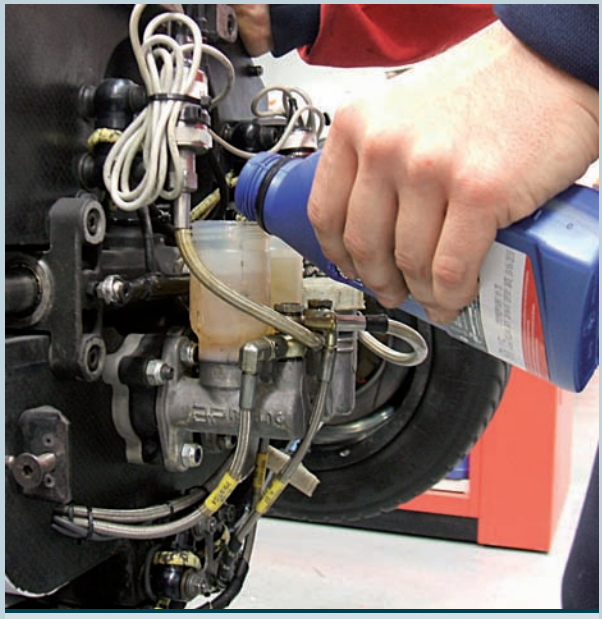
Solución ••

Antes de empezar, tenemos que tener en cuenta que la mayoría de los vehículos de competición tienen varias bombas de freno, con sus propios depósitos (figura 15.15).

Los pasos que tenemos que seguir para sustituir el líquido de frenos de un vehículo de competición son los siguientes:

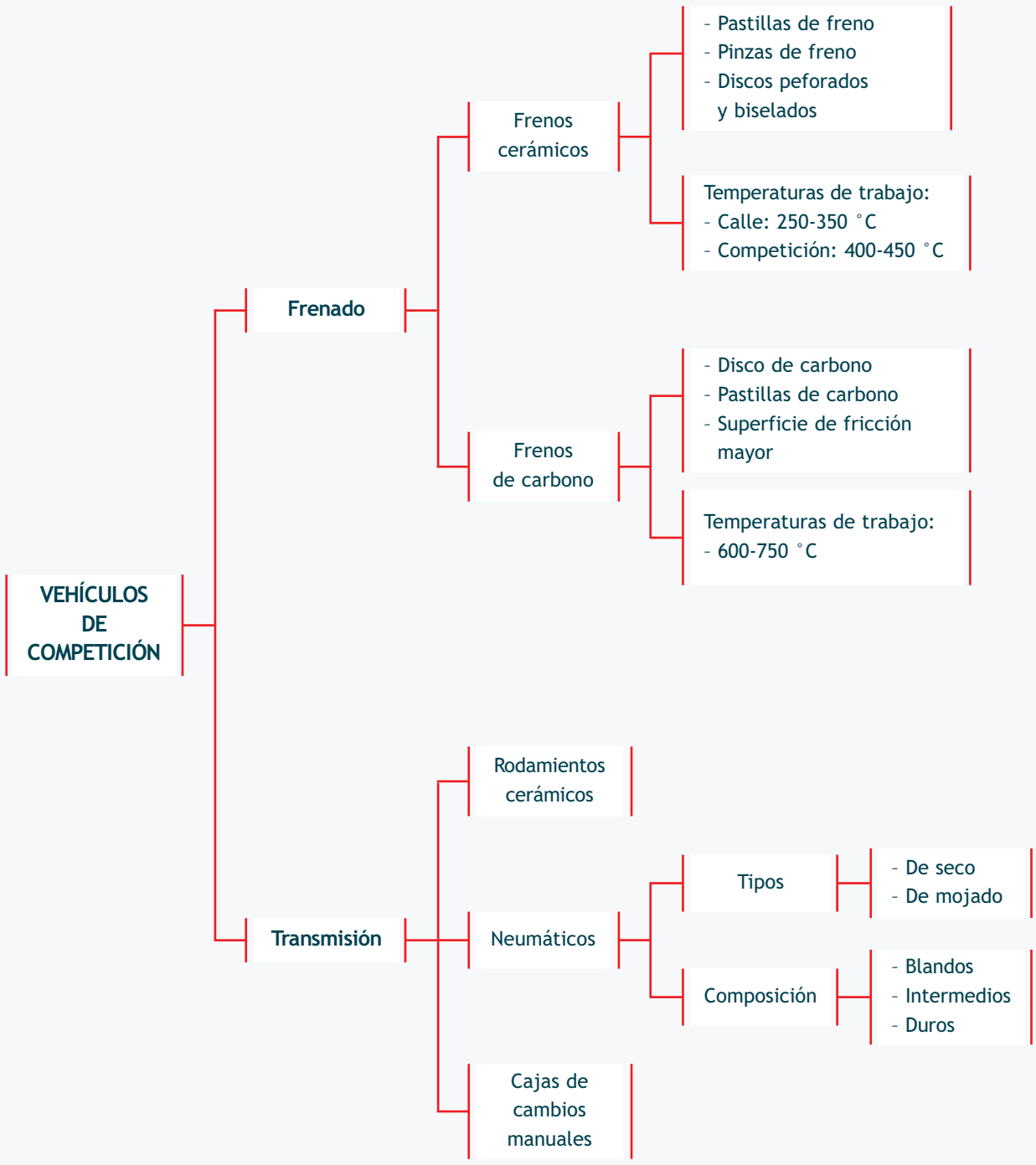
1. Vaciamos completamente el circuito hidráulico de líquido, ayudándonos de un equipo de vaciado. Primero procedemos al vaciado del depósito del líquido de frenos y, posteriormente, abrimos todos los purgadores para extraer dicho líquido del interior del circuito.
2. Una vez vaciado por completo el circuito hidráulico, procedemos a llenarlo a través de los depósitos de líquido de frenos (figura 15.16). Esta acción debe realizase con los purgadores abiertos para que vaya saliendo el aire del interior del circuito.
3. Cuando hayamos vertido media botella de líquido de frenos, cerramos los purgadores.
4. Una vez cerrados los purgadores llenamos hasta arriba ambos depósitos.
5. Volvemos a aflojar los purgadores y extraemos el aire que quede en el interior del circuito con el equipo de vaciado.
6. Cuando deje de salir aire del interior, observamos el nivel de los depósitos y, si es necesario, los rellenamos hasta la marca de máximo.
7. Arrancamos el vehículo de competición y comprobamos el correcto bloqueo de cada rueda del vehículo.

15.15 Bombas de freno separadas.



15.16 Llenado del circuito hidráulico de freno.

Ideas clave


VEHÍCULOS DE COMPETICIÓN
Frenado
Frenos cerámicos
- Pastillas de freno
- Pinzas de freno
- Discos peforados y biselados
Temperaturas de trabajo:
- Calle: 250-350 °C
- Competición: 400-450 °C
Frenos de carbono
- Disco de carbono
- Pastillas de carbono
- Superficie de fricción mayor
Temperaturas de trabajo:
- 600-750 °C
Transmisión
Rodamientos cerámicos
Neumáticos
Tipos
- De seco
- De mojado
Composición
- Blandos
- Intermedios
- Duros
Cajas de cambios manuales

El sistema de recuperación de energía cinética (KERS)

Por fin el tan esperado post sobre el KERS, siglas para denominar al *Kinetic Energy Recovery System,* o lo que es lo mismo, el sistema de recuperación de energía cinética. La idea es tan sencilla como imaginarnos un dispositivo capaz de recuperar la energía cinética que se pierde en forma de calor en las frenadas, para acumularla de algún modo y transformarla cuando nos convenga (mediante un botón, por ejemplo) en energía mecánica que ayude en la aceleración del monoplaza.

En principio, la idea generalizada que asocia el KERS a una Fórmula 1 más verde no es del todo correcta, pues si bien es cierto que se recuperará energía de las frenadas, la misma no se utilizará para reducir los consumos de combustible, sino para inyectar un extra de potencia puntual cuando se necesite. Será una potencia «gratuita» medioambientalmente, eso sí, pero mientras no haya cambios de motorización, con KERS o sin KERS, los consumos y las emisiones será idénticos a los actuales.

De entrada, los 60 kw (unos 80 CV) adicionales que tendrán los pilotos en 2009 durante unos escasos 6,67 segundos pueden parecer poca cosa, pero pensemos que 2009 todavía no será un año en el que el KERS marque diferencias reales a nivel energético, ni mucho menos. Sin embargo, cuando lleguen en la próxima década los motores limitados a 400 CV y la normativa permita al KERS extraer energía de ambos ejes para aportar una potencia adicional de cerca de 270 CV durante 8 segundos, disponer de un dispositivo eficiente será fundamental.

Ya que hemos mencionado entre líneas el necesario desarrollo del KERS, es poco comprensible que la FIA defienda a ultranza la reducción de costes para áreas como la del motor y aventure a los equipos a invertir ingentes cantidades de dinero en una tecnología novedosa en la Fórmula 1 (aunque fue prohibida por la FIA en el 99 cuando Mario Illien diseñó un sistema hidráulico para McLaren que le hubiera proporcionado 45 CV adicionales durante 4 segundos). Estamos todos de acuerdo en que el reto es tecnológicamente interesantísimo, y que los avances en este campo serán fácilmente trasladables a los coches de calle, pero no olvidemos que los Williams, Red Bull o Force India no se meten en la Fórmula 1 para mejorar los coches de calle. En definitiva, es un claro guiño a los fabricantes, y una nueva patada a los privados.

Centrándonos un poco más en el dispositivo en cuestión, las alternativas que deben barajar todas las escuderías son tres: un sistema mecánico, un sistema eléctrico o un sistema neumático. Parece que la tendencia generalizada será la opción mecánica, aunque pudiera ser que algún equipo se descolgara en 2009 con una solución basada en un motor eléctrico que almacenaría la energía en una batería o un volante de inercia.

La opción mecánica tiene la ventaja de ser un sistema mucho más compacto, ligero (20-25 kg) y eficiente, aunque cuenta con el inconveniente de tener que estar obligatoriamente ubicado cerca de la transmisión. Sin embargo, aunque el sistema eléctrico es menos eficiente energéticamente, pues la energía debe transformarse en eléctrica y posteriormente en mecánica, con las consiguientes pérdidas, su gran ventaja radica en poder colocar el volante de inercia o la batería en el lugar deseado del monoplaza, y eso a nivel de diseño integral puede ser una gran ventaja. Además, la eficiencia energética no es fundamental mientras el límite de energía por vuelta sea de 400 kJ, muy inferior a la energía recuperable en frenada en la mayoría de los circuitos.

Para poner un ejemplo práctico de lo que sería un KERS, os describo a continuación de una forma muy básica un sistema mecánico diseñado a raíz de la colaboración de tres empresas británicas (Torotrak, Xtrak y Flybrid Systems), en el que ya se han interesado un par de escuderías. Su sistema está basado en un volante de inercia acoplado a una CVT (transmisión continuamente variable): en función de la relación de transmisión escogida en el CVT, el volante de inercia, fabricado en acero y fibra de carbono, se acelerará para acumular energía cuando el monoplaza esté frenando (¡el volante puede girar hasta las 60.000 rpm!), o bien se frenará cuando la esté liberando a petición del piloto.

S. Marcus
www.racingpasion.com
24 de abril de 2008

Apéndice: nuevos sistemas de seguridad activa sobre el vehículo

>> Sistema de reconocimiento de señales de tráfico

El sistema de reconocimiento de señales de tráfico se instala en vehículos dotados de sistema antibloqueo de frenos.

Objetivo

El objetivo de este sistema es la reducción de los accidentes de tráfico producidos por la no visión del conductor de las señales de tráfico (ceda el paso, stop, señales de velocidad, líneas marcadas en el suelo...).

Funcionamiento

El principio de funcionamiento del sistema se basa en la inserción de una cámara panorámica de alta resolución, integrada en la luna delantera del vehículo, que es capaz de captar 30 imágenes por segundo y de procesarlas en la unidad de control electrónica.

Mediante esta cámara se detecta la señal de tráfico y, con los datos emitidos por los distintos sensores del vehículo, la unidad de control electrónica determina si se va a cumplir o no la acción indicada en dicha señal.

En el caso de que no vaya a cumplirse, el sistema puede proceder de dos maneras:

- Indica en el cuadro de instrumentos la señal de tráfico que no se está respetando acompañada de una señal acústica para alertar al conductor de la infracción que se está cometiendo.
- Interviene sobre la electrobomba del sistema de frenos antibloqueo para forzar al vehículo a cumplir la señal que no se está respetando, inmovilizando el vehículo o reduciendo su velocidad. De esta forma, se evita el riesgo que poseía la maniobra que iba a realizar el conductor. Esta acción no la montan todos los vehículos con este sistema.

>> Ayuda al arranque en pendientes

El sistema de ayuda al arranque en pendientes se está implantando cada vez más en vehículos de gama media-alta con frenos de estacionamiento eléctricos y sistemas antibloqueo de frenos.

Objetivo

El objetivo de este sistema es facilitar el arranque del vehículo en pendientes, ayudando al conductor a iniciar la marcha sin que el vehículo se desplace hacia atrás y se ocasione un accidente.

Funcionamiento

Los frenos de estacionamiento eléctricos son los encargados de realizar la acción de bloqueo del movimiento durante el arranque.

El sistema se activa cuando el vehículo está detenido y el conductor mantiene pisado el pedal de freno durante un espacio de tiempo de entre 2 y 3 segundos. La unidad de control eléctrica pasa entonces a controlar el motor eléctrico del conjunto del freno de estacionamiento.

En el momento en que el conductor acelera levemente el vehículo, el potenciómetro situado en el pedal del acelerador informa a la unidad de control de la intención de emprender la marcha, y en consecuencia esta unidad desactiva el freno de estacionamiento.

>> Sistema City Safety

El sistema City Safety se instala en vehículos dotados de sistema antibloqueo de frenos.

Objetivo

El objetivo de este sistema es reducir considerablemente la velocidad del vehículo, e incluso detenerlo en caso de que el sistema observe un riesgo real de colisión frontal.

Funcionamiento

Este sistema dispone de un sensor láser invisible, situado en la parte alta de la luna delantera o en la rejilla frontal, que mide entre 40 y 50 veces por segundo la distancia que separa al vehículo del objeto que se encuentra por delante de él (ya sea otro vehículo o un obstáculo). El sistema compara esta medición con la velocidad a la que circula el vehículo y determina la acción que se debe realizar. En caso de peligro de colisión, actúa sobre el sistema de frenos antibloqueo activando la electrobomba para hacer funcionar los frenos y, a la vez, reducir el tiempo de inyección o incluso cortar momentáneamente el flujo de combustible. El sistema dispone de un indicador en el cuadro de instrumentos que, junto con una señal acústica, avisa al conductor de la activación del sistema.

Problemas

El sistema funciona deficientemente en condiciones de niebla de cierta densidad y nevadas intensas, ya que se dificulta el funcionamiento del sensor láser, generándose frenadas incontroladas.

>> Sistema de frenos Sensotronic Brake de Mercedes-Benz

El sistema Sensotronic desarrollado por Mercedes-Benz combina un circuito de frenos hidráulicos con una asistencia en la frenada regulable electrónicamente.

Objetivo

El objetivo de este sistema es mejorar la calidad de la frenada para obtener las siguientes ventajas:

- Reparto de la presión de frenada en las ruedas de forma que se obtenga el máximo rendimiento de los cuatro discos de freno.
- Reducción de la distancia de frenado del vehículo entre un 3 y un 4%.

Funcionamiento

El propio conductor era hasta ahora quien decidía la fuerza de frenado que se aplicaba sobre los frenos. Actualmente, sin embargo, sistemas como el ABS, el repartidor de frenada o el servofreno de emergencia modifican la frenada para mejorar su calidad y seguridad. En el sistema Sensotronic, además, el conductor indica con su actuación sobre el pedal de freno la intención de parar el vehículo, pero es el vehículo quien decide la presión de frenado en función de la información recibida por los distintos sensores.
Las señales procedentes de los sensores del sistema llegan a la unidad de control electrónica y esta calcula la fuerza de frenado que debe ejercerse sobre cada rueda.

La intensidad de frenada que envía el sistema depende de los siguientes elementos:

- La velocidad de cada rueda
- El giro del volante realizado por el conductor
- La aceleración lateral que experimenta el vehículo